FANUC-0iD

编程与操作



龚仲华 ◎ 编著





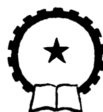
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

FANUC-0iD 编程与操作

龚仲华　编著



机 械 工 业 出 版 社

本书包括了FANUC-0iD数控系统编程与操作的全部内容。编程部分对FS-0iD的通用编程、FS-0iTD车削编程、FS-0iMD铣削编程及用户宏程序编程、对话编程和引导编程进行了详尽介绍；操作部分对FS-0iD的基本操作、调试操作、维修操作进行了全面阐述。

本书涵盖了FANUC-0iD通用操作、FANUC-0iTD操作、FANUC-0iMD操作、FANUC-0iD维修等多种手册的所有编程、操作知识。全书选材典型先进，内容全面系统，理论联系实际，面向工程应用，是从事数控机床操作、调试、维修人员和高等学校师生的优秀参考书。

图书在版编目（CIP）数据

FANUC-0iD编程与操作/龚仲华编著. —北京：机械工业出版社，2013.4

ISBN 978-7-111-41794-1

Ⅰ.①F… Ⅱ.①龚… Ⅲ.①数控机床-程序设计②数控机床-操作 Ⅳ.①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第048855号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：徐明煜 责任编辑：徐明煜 吕 潇 版式设计：霍永明
责任校对：纪 敬 封面设计：赵颖喆 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2013年5月第1版第1次印刷
184mm×260mm · 24.5印张 · 605千字
0001—3000册
标准书号：ISBN 978-7-111-41794-1
定价：68.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　　言

FANUC 公司是全球最著名的 CNC（Compater Numberical Control，即计算机数字控制机床，简称数控机床）生产厂家之一，技术领先世界，产品市场占有率高。FS-0iD 系列 CNC 是该公司的主导产品之一，产品性价比高、可靠性好，是当前国内外数控设备中应用最广泛的系统之一。

FS-0iD 的技术手册多达数十种，资料丰富、内容全面，但由于手册众多、部分内容相互穿插，少量译文不够贴切，给使用者带来了一些不便。为此，编著者对其进行了系统梳理、综合整编、去芜存菁，并根据数控机床编程操作人员和调试维修人员的不同需要，将其归并为《FANUC-0iD 编程与操作》、《FANUC-0iD 调试与维修》和《FANUC-0id 选型与设计》三册，以方便读者使用。

本书是针对数控机床操作、编程人员编写的编程与操作手册，第 1 章简要介绍了数控机床、数控原理和 FS-0iD 功能，第 2 ~9 章系统阐述了 FS-0iD 编程和操作两大部分内容。

第 2 ~6 章为编程部分，对 FS-0iD 的通用编程、FS-0iTD 车削编程、FS-0iMD 铣削编程以及用户宏程序编程、对话编程和引导编程进行了系统说明，内容涵盖了 FANUC-0iD 通用操作手册、FANUC-0iTD 操作手册、FANUC-0iMD 操作手册的全部编程知识。编程指令说明详尽、应用实例丰富，并提供了车削加工、铣削加工程序的标准格式，希望能为读者编制 CNC 加工程序提供帮助。

第 7 ~10 章为操作部分。对 FS-0iD 的基本操作、调试操作、维修操作进行了全面介绍，它不仅包括了 FANUC-0iD 通用操作手册、FANUC-0iTD 操作手册、FANUC-0iMD 操作手册的一般操作知识，而且还补充了 FANUC-0iD 维修手册、FANUC-0iD 功能手册所涉及的 CNC 维修操作、PMC 操作、以太网输入/输出、引导系统操作等 CNC 调试和维修操作。操作方法介绍全面、操作步骤清晰准确，希望能为读者更好地使用数控机床提供帮助。

本书的编写以推广应用新产品、新技术为目的，FANUC 使用手册无疑是产品使用的技术指南，但由于使用习惯、文字翻译、资料来源等原因，使读者在使用时可能存在一定的不便，从这一意义上说，本书也是对 FS-0iD 技术资料的综合整理和重新编排，因此，不可避免地需要较多地引用 FANUC 技术资料，书后不再一一列出。编写也得到了 FANUC 公司技术人员的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于全书所涉及的技术资料众多，编写工作量较大，书中的缺点错误在所难免，真诚期望得到广大读者与同行专家的帮助指正。

编著者

2013 年 4 月

目　　录

前言

第 1 章　数控机床与系统 …… 1

1.1　数控机床 …… 1

1.1.1　机床与数控 …… 1

1.1.2　车削类数控机床 …… 4

1.1.3　镗铣类数控机床 …… 9

1.1.4　数控机床的基本特点 …… 13

1.2　数控原理与系统 …… 14

1.2.1　数控系统的组成 …… 14

1.2.2　数控加工原理 …… 16

1.2.3　普及型与全功能型 CNC …… 18

1.2.4　伺服驱动系统的结构 …… 20

1.2.5　通用伺服和专用伺服 …… 22

1.3　FS-0iD 功能说明 …… 24

1.3.1　FANUC 产品简介 …… 24

1.3.2　FS-0i 系列 CNC …… 27

1.3.3　FS-0iD 主要功能 …… 29

第 2 章　FS-0iD 编程基础 …… 33

2.1　程序的基本概念 …… 33

2.1.1　程序的组成 …… 33

2.1.2　子程序编程 …… 36

2.2　坐标系的建立与选择 …… 38

2.2.1　机床坐标系与参考点 …… 38

2.2.2　G27～G30 指令与编程 …… 40

2.2.3　工件坐标系的建立与选择 …… 41

2.3　编程单位及选择 …… 44

2.3.1　位置单位与绝对/增量编程 …… 44

2.3.2　速度单位及选择 …… 45

2.4　基本移动指令的编程 …… 46

2.4.1　G00/G01/G04 指令与编程 …… 46

2.4.2　G02/G03 与平面选择指令编程 …… 49

2.5　加工辅助指令与编程 …… 53

2.5.1　G22/G23 禁区保护指令 …… 53

2.5.2　CNC 参数输入指令 …… 55

2.5.3　刀具测量与位置偏置指令 …… 57

第 3 章　FS-0iTD 编程 …… 59

3.1　车削加工指令与编程 …… 59

3.1.1 程序特点与代码体系 …… 59
3.1.2 常规车削编程 …… 63
3.1.3 圆柱面插补与极坐标插补 …… 66
3.2 普通车削固定循环 …… 69
3.2.1 G90/G92/G94 简单固定循环 …… 69
3.2.2 G70～G73 复合车削循环 …… 72
3.2.3 G74～G76 车削循环 …… 77
3.3 车削中心孔加工固定循环 …… 80
3.3.1 基本说明 …… 80
3.3.2 G83/G87 钻孔循环 …… 82
3.3.3 G84/G85/G88/G89 攻螺纹与镗孔循环 …… 83
3.4 自动倒角与蓝图编程 …… 85
3.4.1 自动倒角 …… 85
3.4.2 蓝图编程 …… 87
3.5 刀具偏置与半径补偿 …… 90
3.5.1 刀具偏置 …… 90
3.5.2 刀尖半径补偿 …… 93
3.6 车削程序的基本格式 …… 95
3.6.1 程序的基本格式 …… 95
3.6.2 车削加工编程实例 …… 96
第 4 章 FS-0iMD 编程 …… 99
4.1 镗铣加工指令与编程 …… 99
4.1.1 程序特点与代码体系 …… 99
4.1.2 螺纹加工指令 …… 102
4.1.3 准确定位和拐角减速指令 …… 104
4.1.4 坐标变换指令 …… 105
4.1.5 自动倒角 …… 111
4.2 FS-0iMD 常用固定循环 …… 112
4.2.1 固定循环概述 …… 112
4.2.2 循环动作说明 …… 116
4.2.3 固定循环的编程实例 …… 120
4.3 小孔加工和刚性攻螺纹 …… 122
4.3.1 小孔加工 …… 122
4.3.2 刚性攻螺纹 …… 124
4.4 FS-0iMD 的刀具补偿 …… 126
4.4.1 刀具长度偏置 …… 126
4.4.2 刀具半径补偿 …… 128
4.5 镗铣加工程序的基本格式 …… 130
第 5 章 用户宏程序编程 …… 132
5.1 宏程序与变量 …… 132
5.1.1 基本概念 …… 132
5.1.2 系统变量表 …… 135
5.1.3 系统变量说明 …… 140

5.2 宏程序编程…… 142
5.2.1 宏程序指令……… 142
5.2.2 宏程序调用与返回………………………………………………………………………………………………… 146
5.2.3 宏程序编程实例…………………………………………………………………………………………………… 148
5.3 宏程序的执行与中断……………………………………………………………………………………………………… 150
5.3.1 宏程序执行……… 150
5.3.2 宏程序中断……… 152
第6章 对话编程和引导编程 …………………………………………………………………………………………… 155
6.1 对话编程…… 155
6.1.1 对话编程和引导编程……………………………………………………………………………………………… 155
6.1.2 对话编程操作…… 156
6.2 引导编程及操作……… 158
6.2.1 常规指令编程…… 158
6.2.2 引导循环编程…… 160
6.2.3 FS-0iTD 引导循环 ………………………………………………………………………………………………… 161
6.2.4 FS-0iMD 引导循环 ………………………………………………………………………………………………… 166
6.3 FS-0iD 的轮廓编程 ……………………………………………………………………………………………………… 172
6.3.1 轮廓编程的操作……………………………………………………………………………………………………… 172
6.3.2 轮廓参数的定义……………………………………………………………………………………………………… 174
6.3.3 相邻图形的轮廓计算………………………………………………………………………………………………… 175
6.3.4 相邻三图形的轮廓计算……………………………………………………………………………………………… 177
6.4 轮廓编程的辅助计算……………………………………………………………………………………………………… 179
6.4.1 辅助计算与操作……………………………………………………………………………………………………… 179
6.4.2 点的计算…… 180
6.4.3 直线和圆弧的计算…………………………………………………………………………………………………… 181
第7章 CNC 基本操作 ………………………………………………………………………………………………… 183
7.1 操作与显示面板……… 183
7.1.1 CNC 操作方式 ……………………………………………………………………………………………………… 183
7.1.2 机床操作面板…… 185
7.1.3 MDI/LCD 单元 ……………………………………………………………………………………………………… 188
7.2 基本操作…… 192
7.2.1 手动操作…… 192
7.2.2 程序输入…… 195
7.2.3 自动运行…… 198
7.3 程序编辑…… 201
7.3.1 程序输入与修改……………………………………………………………………………………………………… 201
7.3.2 编辑使能和检索……………………………………………………………………………………………………… 204
7.3.3 程序删除、复制和整理……………………………………………………………………………………………… 207
7.3.4 用户宏程序编辑……………………………………………………………………………………………………… 209
第8章 数据显示和设定 ………………………………………………………………………………………………… 211
8.1 位置显示与设定……… 211
8.1.1 位置和速度显示……………………………………………………………………………………………………… 212

8.1.2 时间、计数和负载表显示 …… 215
8.1.3 手轮中断与取消 …… 217
8.2 程序显示与设定 …… 219
8.2.1 基本显示 …… 219
8.2.2 程序检查和对话编程 …… 221
8.2.3 后台编辑和 2 通道编辑 …… 225
8.2.4 程序重新启动 …… 227
8.3 偏置/设定显示 …… 231
8.3.1 设定参数显示与修改 …… 232
8.3.2 工件坐标系和宏程序 …… 235
8.3.3 软机床操作面板 …… 239
8.3.4 语言、数据保护和精度等级 …… 242
8.3.5 FS-0iTD 刀具补偿 …… 245
8.3.6 FS-0iTD 卡盘和尾架保护 …… 249
8.3.7 FS-0iMD 刀具补偿 …… 252
8.3.8 刀具寿命管理 …… 254
8.3.9 误操作保护设定 …… 257
第 9 章 CNC 调试操作 …… 261
9.1 系统显示与设定 …… 261
9.1.1 基本说明 …… 261
9.1.2 CNC 参数显示和设定 …… 263
9.1.3 螺补参数显示和设定 …… 265
9.1.4 伺服设定与调整 …… 267
9.1.5 主轴设定与调整 …… 270
9.1.6 显示器颜色和屏幕保护 …… 274
9.1.7 加工参数调整 …… 275
9.2 参数快捷设定与调整 …… 277
9.2.1 基本操作 …… 277
9.2.2 参数快捷设定 …… 280
9.2.3 伺服增益调整 …… 285
9.3 数据输入/输出操作 …… 289
9.3.1 基本说明 …… 289
9.3.2 存储卡操作 …… 294
9.3.3 存储卡输入/输出 …… 295
9.4 以太网通信 …… 299
9.4.1 基本说明 …… 299
9.4.2 FTP 通信设定 …… 301
9.4.3 DNS/DHCP 设定 …… 304
9.4.4 通信参数备份与通信操作 …… 306
9.4.5 通信重启与检查、维护 …… 309
9.5 引导系统操作 …… 311
9.5.1 基本说明 …… 311
9.5.2 数据的装载、校验与删除 …… 312

9.5.3 系统数据的保存、备份 …… 314
9.5.4 存储卡文件删除与格式化 …… 315

第 10 章 CNC 维修操作 …… 317

10.1 CNC 维修信息 …… 317
10.1.1 定期维护信息 …… 317
10.1.2 CNC 系统配置的显示 …… 321
10.1.3 操作履历的显示 …… 323
10.1.4 CNC 报警显示与诊断 …… 327
10.2 PMC 显示与监控 …… 332
10.2.1 基本说明 …… 332
10.2.2 PMC 维修信息 …… 335
10.2.3 程序参数显示与设定 …… 338
10.3 信号跟踪和梯形图显示 …… 344
10.3.1 信号跟踪显示 …… 344
10.3.2 梯形图显示与监控 …… 347
10.4 图形显示与设定 …… 350
10.4.1 基本说明 …… 350
10.4.2 图形显示 …… 353
10.4.3 动态刀具轨迹显示 …… 356
10.4.4 虚拟动画显示 …… 361

附录 FS-0iD 报警一览表 …… 365

1. 操作/编程错误报警一览表（PS/BG/SR/SW 报警） …… 365
2. 误操作防止/超程/过热报警一览表（IE/OT/OH 报警） …… 375
3. 参数设定/数据输入输出/其他报警一览表（PW/IO/DS 报警） …… 376
4. 伺服报警一览表（SV 报警） …… 378
5. 主轴报警一览表（SP 报警） …… 380

第1章 数控机床与系统

1.1 数控机床

1.1.1 机床与数控

1. 机床

数控（Numberical Control，NC）技术的诞生源自于机床。机床是对金属或其他材料的坯料、工件进行加工，使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器，是机械制造业的主要加工设备。机床用来制造机器零件，它是制造机器的机器，故又称为工作母机。没有机床就不能制造机器，没有机器就不能生产工业产品，就谈不上发展经济，因此，机床是国民经济基础的基础。没有好的机床就制造不出好的机器，就生产不出好的产品，所以，机床的水平是衡量一个国家制造业水平和现代化程度、综合实力的重要标志。

由于加工方法、零件材料的不同，机床可分为金属切削机床、金属成型机床、木材加工机床、塑料成型机床等多种类型。金属成型机床是利用压力对坯料进行锻造、挤压、冲裁、剪切、弯曲等加工，使坯料获得所要求形状的机床，其生产效率极高，可用于大批量生产，但零件的尺寸精度和表面质量较难保证。木材加工机床、塑料成型机床多用于日常生活用品的生产，它同样具有高效、大批量生产的特点，但其零件的尺寸精度和表面质量一般低于金属切削机床。

金属切削机床是利用刀具或其他手段（如电加工、激光加工）去除坯料上的多余金属，从而得到具有一定形状、尺寸精度和表面质量工件的加工设备，它在工业企业中使用最广、数量最多，它是数控技术应用最为广泛的领域。按照我国最新的 GB/T 15375—2008 机床分类标准，利用刀具进行加工的钻镗铣类、车削类、磨削类、齿轮加工类、螺纹加工类、刨插拉锯加工类机床归属于金属切削机床；而利用其他手段加工的电加工类、激光加工类、超声波类、水切割类等归属于特种加工机床。

2. 机床的控制

数控最初是为解决金属切削机床控制问题而研发的一种技术。在金属切削机床上，为了能够完成零件的加工，机床的控制主要包括以下三方面内容。

（1）动作的顺序控制

机床对零件的加工需要一般需要有多个加工动作，加工动作的顺序有规定的要求，称为工序，复杂零件的加工可能需要几十道工序才能完成。因此，机床的加工过程，需要根据工

序的要求，按规定的顺序进行。

以图 1.1-1a 所示的简单攻螺纹机为例，为了完成攻螺纹动作，攻螺纹机需要按照图 1.1-1b 所示的丝锥向下接近工件→丝锥正转向下加工螺纹→丝锥反转退出→丝锥离开工件四步进行。

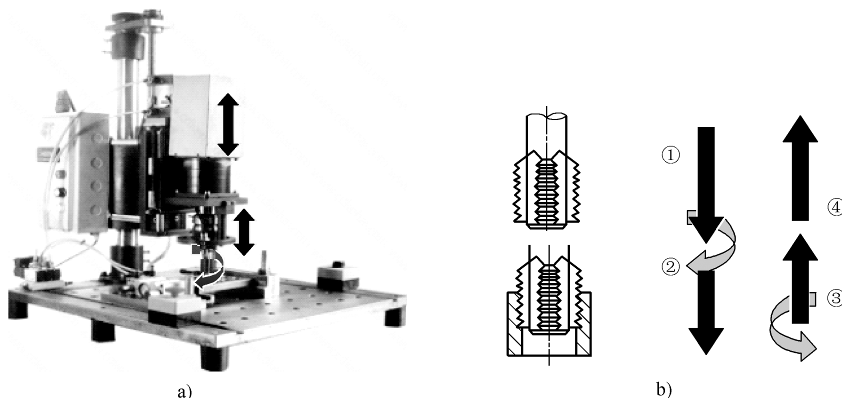


图 1.1-1 动作的顺序控制
a）攻螺纹机 b）动作顺序

机床的动作顺序控制只需要根据机床的动作顺序表，如电磁元件动作表等，按要求依次通断液压、气动、电机等执行元件便可，因此，它属于开关量控制的范畴，即使是利用传统的继电-接触器控制系统也能实现，而 PLC（Programmable Logic Controller，可编程序控制器）的出现，更是使之变得十分容易。

（2）切削速度控制

在使用刀具进行加工的金属切削机床上，为了提高加工效率和得到要求的表面加工质量，应根据刀具和零件的材料、表面质量的要求，来确定刀具与工件的相对运动速度（切削速度），即使对于同样材质的刀具和零件，加工时也需要根据刀具的直径，改变其转速，以保证其切削速度的不变。

改变切削速度既可通过机械变速齿轮箱、带传动等方法实现，也可使用电气传动改变电机的转速实现，早期的直流调速和现代的交流调速都是机床的电气调速方案。

（3）运动轨迹控制

为了使得零件的形状（轮廓）符合规定的要求，就必须控制刀具相对于工件的运动轨迹。例如，对于图 1.1-2 所示的叶轮加工，加工时必须同时控制刀具的上下（*Z* 轴）、叶轮的回转（*C* 轴）和叶轮中心线的摆动（*A* 轴），来保证刀具运动轨迹的准确，得到正确的轮廓和形状。

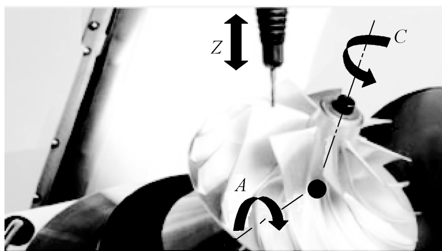


图 1.1-2 运动轨迹的控制

刀具运动轨迹控制不仅包括了刀具的位置、运动速度控制，而且还需要多个方向的运动合成才能实现，这样的控制只有通过计算机数字控制（Computer Numberical Control，CNC，简称数控）技术才能实现。

因此，机床采用数控技术的根本目的是解决运动轨迹控制的问题，使得机床能够任意改变刀具在平面或空间的移动轨迹，从而将工件加工成所需要的轮廓形状，这既是数控机床与其他机床的本质区别，也是数控的起源。

3. 数控的概念

数控（NC）是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。数控技术的发展和电子技术的发展保持同步，至今已经历了从电子管、晶体管、集成电路、计算机到微处理机的演变，由于现代数控都采用计算机控制，因此，又称计算机数控（CNC）。数字化信息控制必须有相应的硬件和软件，这些硬件和软件的整体称为数控系统（Numerical Control System）。数控系统的核心部件是数控装置（Numerical Controller）。

根据使用场合的不同，数控技术、数控系统、数控装置均可采用 NC 或 CNC 的英文缩写，因此，英文的 NC 和 CNC 一词具有三种不同含义：在广义上代表一种控制方法和技术；在狭义上代表一种控制系统的实体；此外还可特指一种具体的控制装置——数控装置。

利用数控技术来解决金属切削机床的轮廓加工——刀具轨迹的自动控制问题的设想，最初由美国 Parsons 公司在 20 世纪 40 年代末提出。1952 年，Parsons 公司和美国麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology）联合，在一台 Cincinnati Hydrotel 立式铣床上安装了一套试验性的数控系统，并成功地实现了三轴联动加工，这是人们所公认的第一台数控机床。到了 1954 年，美国 Bendix 公司在 Parsons 专利的基础上，研制出了第一台工业用的数控机床，随后，数控机床取得了快速发展和迅速普及。

4. 数控机床

采用数控技术进行控制的机床称为数控机床，简称 NC 机床。机床控制是数控技术应用最早、最广泛的领域，数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向。数控机床是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品，是现代制造技术的基础。在今天，数控机床业已成为衡量一个国家制造技术水平和国家综合实力的重要标志，人们将数控技术与 PLC 技术、工业机器人、CAD/CAM 技术并称为现代工业自动化的四大支持技术。

数控机床是一个广义上的概念，所有机床都可采用数控技术进行控制，即使是用于特定产品加工的专用机床和生产线，为了增加其加工适应能力（柔性），也可采用数控。但是，需要注意的是，在使用 PLC 控制的机床上，某些运动部件的位置虽然也使用了轴控模块、伺服驱动器进行控制，但在通常情况下，这样的控制只能针对某一运动轴的速度、位置所进行的独立控制，它不能实现多个运动轴间的联动，解决刀具运动轨迹的控制问题，因此，这种机床不能称为数控机床。

在一般工业企业中，金属切削机床的钻镗铣类、车削类机床占绝大多数，因此，它是数控技术应用最为广泛的领域。

钻镗铣类机床通过刀具的旋转和空间运动实现切削，与此类似的机床有齿轮加工类、螺纹加工类、工具磨削类等，这样的机床至少需要有 $X/Y/Z$ 三个运动轴。根据机床的结构和功能，钻镗铣类数控机床分为数控铣床、数控镗铣床、加工中心、铣车复合加工中心、FMC 等。

车削类机床以工件旋转作为切削主运动，适合于回转体零件的加工，与此类似的机床有内外圆磨削类等，这样的机床需要有轴向（Z）和径向（X）两个基本运动轴。根据机床的

结构和功能，车削类数控机床分为数控车床、车削中心、车铣复合加工中心、车削 FMC 等。

为此，大多数 CNC 生产厂家习惯上将数控系统分为 M 系列和 T 系列两个系列产品，M 系列 CNC 至少具备三轴（*X/Y/Z*）控制功能，用于钻镗铣类机床控制，如 FANUC-0iM、SIEMENS-810M、KND100M 等；T 系列 CNC 至少具备两轴（*X/Z*）控制功能，用于车削类机床控制，如 FANUC-0iT、SIEMENS-810T、KND100T 等。但是，随着 CNC 技术的不断进步和复合加工机床的出现，在多轴控制的先进 CNC 上，两者功能已经融合。

1.1.2 车削类数控机床

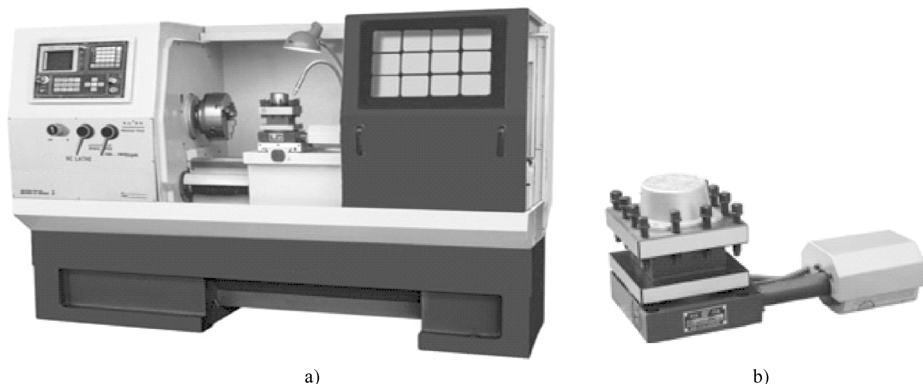
车削加工机床是工业企业的最为常用的加工设备，它具有适用面广、结构简单、操作方便、维修容易等特点，可用于轴、盘类等回转体零件的外圆、端面、中心孔、螺纹等的车削加工。从结构布局上，工业企业常用的数控车削加工机床有卧式数控车床、立式数控车床两大类，以卧式数控车床的用量为最大。

卧式数控车床的主轴轴线为水平布置，它是所有数控机床中结构最简单，产量最大、使用最广泛的机床。根据机床性能和水平，目前市场使用的车削类数控机床可分为普及型和经济型、全功能型、车削中心、车铣复合加工中心、车削 FMC 等，其特点和主要用途如下。

1. 普及型数控车床

国产普及型和经济型数控车床是普通车床通过数控化改造得到的简易产品，其主要部件结构、外形基本相同。普及型和经济型数控机床的区别仅仅是所使用的进给驱动装置有所不同，普及型采用通用伺服驱动，经济型使用步进驱动。由于步进电动机㊀受最高运行频率、最大起动频率、步距角等参数的制约，其脉冲当量、快进速度、定位精度均较低，且还存在“失步”问题，因此，经济型数控车床的使用已越来越少。

常用的普及型数控车床如图 1.1-3 所示，这种机床只是根据数控机床的基本要求，对普通车床的相关机械部件作了部分改进，其床身、主轴箱、尾座、拖板等基本部件以及液压、冷却、照明、润滑等辅助部件的外形和基本结构与普通车床并无太大的区别。机床的一般特



a) b)

图 1.1-3 普及型数控车床

a）外形 b）刀架

㊀ 由于在实际数控设备的显示中均为“电机”而非“电动机”，为方便读者对照学习，本书中凡涉及实际设备屏幕显示的地方，仍维持“电机”的叫法。

点如下。

（1）主传动系统

普通车床的主轴电动机一般不具备电气调速功能，主轴变速需要通过主轴箱内的齿轮变速装置实现，它只能实现机械有级变速。普及型数控车床的主轴电动机一般采用变频调速，由于变频器调速的低频输出转矩很小，故仍需要通过机械齿轮变速提高主轴低速转矩，但其变速挡少于普通车床，主轴箱的结构也相对较简单。普及型数控车床的价格低廉，加工效率不高，其卡盘一般使用与普通车床相同的手动卡盘。

（2）进给系统

普通车床一般无独立的进给驱动电动机，其进给动力来源于主电动机，主电动机经主轴箱、进给箱、光杠和丝杠、溜板箱转换为刀具（刀架）的纵向、横向进给运动，其机械传动装置复杂、部件众多。数控车床的刀具纵向、横向进给具有独立的 *Z* 轴、*X* 轴进给驱动系统，驱动电机直接和进给丝杠联结，无进给箱和光杠、溜板箱等传动部件，其进给传动系统的结构十分简单。*Z* 轴、*X* 轴可在 CNC 的控制下进行定位或插补，刀具位置、速度和运动轨迹可任意控制。

（3）换刀装置

数控机床需要通过 CNC 的加工程序自动控制加工过程，因此，无论经济型、普及型还是全功能型数控车床，自动换刀装置是其基本功能，这点与数控镗铣加工机床不同，即不能以是否具有自动换刀功能来区分数控车床和车削中心。

普及型数控车床的自动换刀装置一般比较简单，图 1. 1-3b 所示的电动刀架是最为常用的自动换刀装置。电动刀架的结构简单、控制容易，但可安装的刀具数量少、定位精度低，且只能单向回转选刀、换刀时间长，通常只用于功能简单、精度和效率要求不高的普及型、经济型数控车床。

除以上主要部件外，为了适应自动加工的需要，数控车床的冷却、润滑等辅助部件一般也可通过 CNC 的辅助机能进行自动控制。

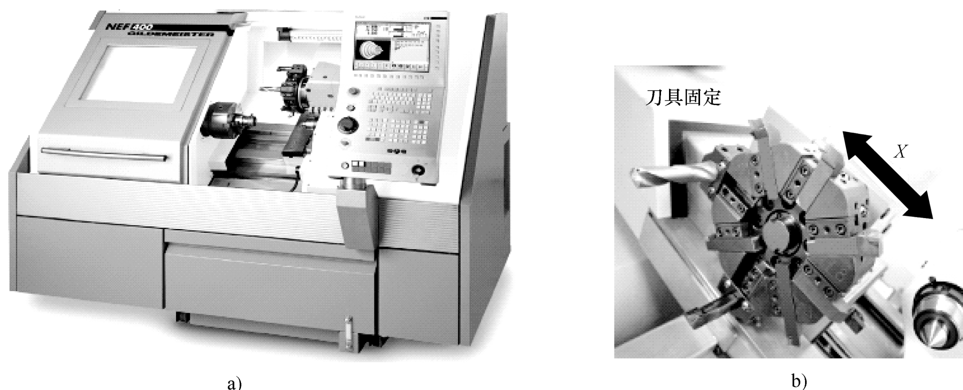
普及型数控车床的结构简单、价格低廉、维修容易，可用于简单零件的自动加工，但由于国产 CNC 的功能简单、定位精度低，特别是目前还不能真正做到在 CNC 上实现坐标轴闭环位置控制，加上机床可安装的刀具数量少，因此，无论是加工精度特别是轮廓加工精度、效率都与全功能型数控车床存在很大的差距，它们不能用于高速、高精度加工。

2. 全功能数控车床

典型的全功能数控车床如图 1. 1-4 所示，其结构和布局均按数控机床的要求设计，机床采用斜床身布局，刀架布置于床身后侧，主轴箱固定安装在床身上，机床组成部件的主要特点如下：

（1）主传动系统

全功能数控车床的主轴驱动采用专用交流主轴驱动装置，与普及型数控车床的感应电动机变频调速相比，其调速范围宽、低速输出转矩大、最高转速高，且还可实现主轴位置控制。因此，机床的主传动一般只采用一级同步皮带减速就可保证主轴具有良好的性能，其主轴箱的结构非常简单。在现代高速、高精度机床上，还经常使用高速主轴单元或电主轴代替主轴箱，使主轴具有很高的转速和精度。为了提高机床的加工效率和自动化程度，减小装夹误差，全功能数控车床的卡盘和尾座一般采用液压控制，工件松夹、尾座的伸缩均可自动



a) b)

图 1. 1-4 全功能数控车床

a）外形 b）刀架

进行。

（2）进给系统

全功能数控车床的进给传动系统结构和普及型数控车床并无区别，但配套的是全功能数控，可通过 CNC 真正实现闭环位置控制，CNC 可以对进给速度、位置、轮廓误差进行实时监控，保证刀具运动轨迹的准确，因此，其轮廓加工精度要远高于普及型数控车床。

（3）刀架

全功能数控车床适用于复杂零件的高速、高精度加工，因此，它对刀具容量、精度和换刀速度有提出了较高的要求，机床一般采用图 1. 1-4b 所示的液压标准刀架。液压刀架一般采用液压松/夹、齿牙盘定位的结构，刀架可安装的刀具数量多，能双向回转、捷径选刀，分度精度高、定位刚性好，动作迅捷。

3. 车削中心

车削中心是在数控车床的基础上发展起来、可用于回转体零件表面铣削和孔加工的车铣复合加工机床，以卧式为常见。主轴具有 Cs 轴控制功能，刀架上可安装用于钻、镗、铣加工用的旋转刀具（Live Tool，又称动力刀具），刀具能够进行垂直方向运动（*Y* 轴）是车削中心和数控车床在功能上的主要区别。

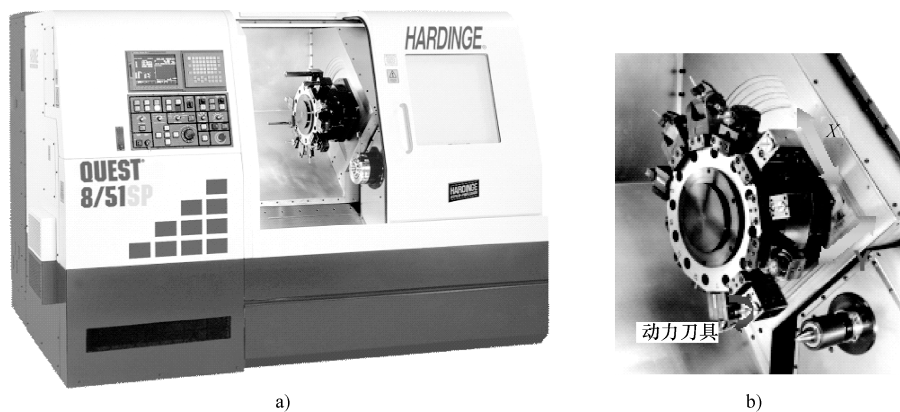
典型的车削中心如图 1. 1-5 所示，其外形和全功能数控车床十分类似，结构组成部件的技术特点如下：

（1）主传动系统

车削加工是以工件旋转为主运动、刀具作进给运动的切削加工方法，而钻、镗、铣加工则是以刀具的旋转为主运动、工件或刀具作进给运动的加工方法，两者的工艺特征不同。因此，车削中心的主轴不但需要进行旋转运动；而且还必须能够在所需要的位置上定位并夹紧、进行铣削等加工，并参与基本坐标轴的插补、实现刀具的进给运动，即车削中心则必须同时具备速度、位置和 Cs 轴控制功能。

（2）进给系统

回转体零件内外圆、端面车削加工，只需要有轴向（*Z* 轴）和径向（*X* 轴）进给运动，但其侧面、端面的孔加工和铣削加工，除了需要轴向和径向进给外，还需要有垂直刀具轴线



a)　　b)

图 1.1-5　车削中心

a）外形　b）刀架

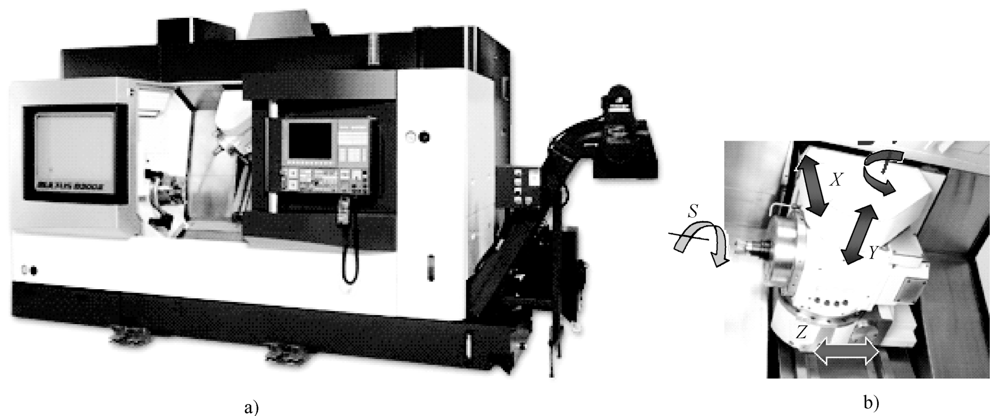
的运动才能实现，因此，车削中心至少需要有 X、Y、Z 三个进给轴。

（3）刀架

车削中心的刀架如图 1.1-5b 所示，其外形和数控车床液压刀架类似，但内部结构和控制要求有很大的差别。数控车床刀架上的刀具不能旋转，刀架只有回转分度和定位功能。车削中心的刀架不但可安装固定的车刀，而且还可以安装本身能够旋转的钻、镗、铣加工刀具，这样的刀具称为动力刀具（Live Tool），才能进行孔加工或平面、轮廓、槽的铣削加工。因此，车削中心的刀架不但需要有回转分度和定位功能，而且还需要安装动力刀具主传动系统，其结构较为复杂。

4. 车铣复合加工中心

典型的车铣复合加工中心如图 1.1-6 所示。从数控车床的基础上发展起来的、以车削加工为主的中小型车铣复合加工中心的它通常以卧式斜床身数控车床为基础，其车削主轴的结构和车削中心相同，主轴为卧式布置、具有 Cs 轴控制功能，机床同样可配备尾架、顶尖等车削加工附件。



a)　　b)

图 1.1-6　车铣复合加工中心

a）外形　b）刀架

车铣复合加工中心和车削中心的最大区别在刀架结构上。车削中心的刀架一般采用前述的转塔结构，动力刀具安装在转塔上，刀具交换通过转塔的回转分度实现。这种机床的刀具交换方便，可直接使用传统车刀且刚性好，但作为车铣中心，它存在 *Y* 轴行程小、铣削能力弱、动力刀具传动系统的结构复杂、传动链长、主轴转速低和刚性差等问题，因此，其铣削能力较弱。

车铣复合加工中心一般采用图 1.1-6b 所示的加工中心主轴结构和换刀方式。主轴可安装刀柄统一的车削和镗铣加工刀具，并可进行大范围（225°左右）摆动，以调整刀具方向、进行倾斜面加工；自动换刀装置一般布置在床身的内侧，其结构与加工中心类似。

当机床进行内外圆或端面车削加工时，主轴换上车刀后锁紧，然后利用 *B* 轴的回转调整车刀方向（0°～90°范围内的任意方向）并定位夹紧，这样就可通过 *X*、*Z* 轴运动，对安装在车削主轴上的旋转工件进行车削加工。当机床需要进行侧面或端面铣削加工时，车削主轴切换到 Cs 轴控制方式、成为数控回转轴，机床便可通过铣削主轴对安装在车削主轴上的工件进行钻、铣、镗、攻螺纹等加工，且能通过 *X*、*Y*、*Z*、*B*、*C* 的联动实现五轴加工。

车铣复合加工中心的主轴一般为电动机直联或电主轴，其主轴箱结构紧凑，可安装的刀具规格大、主轴刚性好，主轴转速可达到每分钟上万转甚至数万转，故可以用于高速铣削加工。

以上结构较好地解决了车削中心的铣削能力不足的问题，且可用于五轴加工，但自动换刀装置的布置不方便，床身倾斜的布局对 *Y* 轴行程还有一定的限制，为此，大型车铣复合加工中心有时直接采用加工中心的立柱移动结构，这种机床和带 *A* 轴转台、主轴箱摆动的立式五轴加工中心非常类似，只是其 *A* 轴采用的是车床的主轴结构、并具有车床用的尾架、顶尖等基本部件而已，因此，它完全综合了数控车床和加工中心的特点。

5. 车削 FMC

车削 FMC 是在车削中心、车铣复合加工中心的基础上，通过增加工件自动输送和交换装置，构成的自动化加工设备。图 1.1-7 所示为国外著名机床厂家生产的车削 FMC 外形。

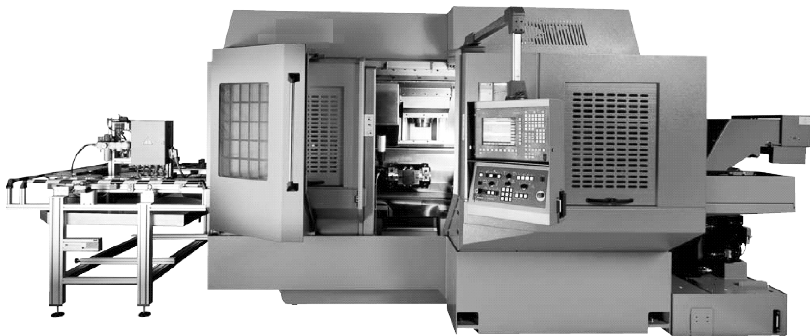


图 1.1-7　车削 FMC

FMC 是柔性加工单元（Flexible Manufacturing Cell）的简称，其最大特点是能够进行工件的自动交换，FMC 的主机可以是一台或几台数控车床、车削中心或车铣复合加工中心。FMC 不仅实现了工序的集中和工艺的复合，而且通过工件的自动交换，使得无人化加工成为可能，从而进一步提高了设备的加工效率。FMC 既是柔性制造系统的基础，又可以作为独立的自动化加工设备使用，因此，其发展速度也较快。

1.1.3　镗铣类数控机床

镗铣加工机床既具有钻镗类机床的孔加工特性，又具有铣床的铣削加工特性，也是工业企业最常用的设备。镗铣加工机床种类较多，从机床的结构布局上，可分为立式、卧式和龙门式三大类，龙门式镗铣加工机床属于大型设备，其使用相对较少；立式和卧式镗铣加工机床是常用设备。根据机床性能和水平，目前市场使用的镗铣类数控机床可分为数控镗铣床、加工中心、铣车复合加工中心、FMC 等，其特点和主要用途如下。

1. 数控镗铣床

（1）立式数控镗铣床

主轴轴线垂直布置的机床称为立式机床。立式数控镗铣床是从普通立式铣床基础上发展起来的数控机床，根据通常的习惯，人们将如图 1.1-8a 所示，从普通升降台铣床基础上发展起来的数控镗铣加工机床称为数控铣床；而将如图 1.1-8b 所示，从普通床身铣床基础上发展起来的数控镗铣加工机床称为数控镗铣床。数控铣床和数控镗铣床的功能并无本质的区别，相对而言，数控镗铣床的孔加工能力较强、主轴的转速和精度较高，故更适合于高速、高精度加工，但其铣削加工能力一般低于同规格的数控铣床。

数控镗铣床（包括数控铣床，下同）和普通镗铣床的加工区别主要在进给系统上，数控镗铣床的 X、Y、Z 轴进给系统都有独立的伺服电动机驱动，以实现刀具定位位置、运动速度和轨迹的控制。机床的主电动机一般采用交流主轴驱动装置或变频器调速，主轴可无级变速，其最高转速一般高于普通镗铣床；为了提高主轴低速输出转矩，数控镗铣床的主轴有时需要安装机械变速齿轮，但其变速挡位比普通机床少，变速箱的结构也较简单。

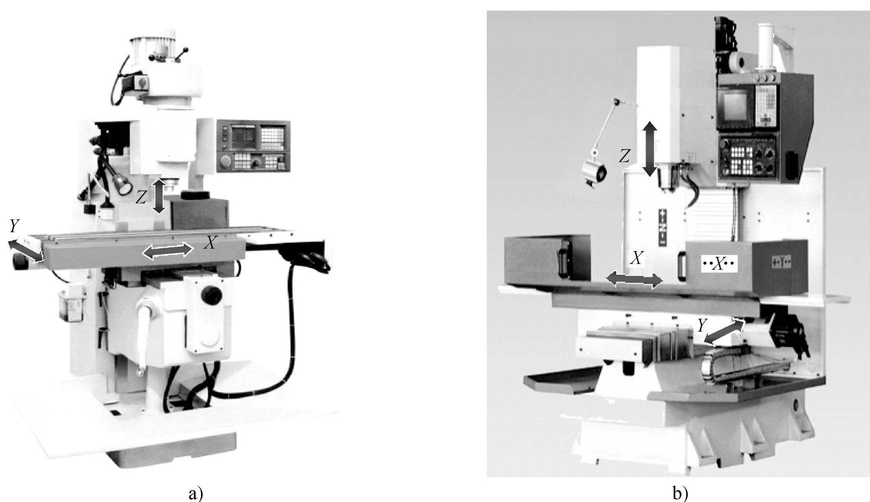
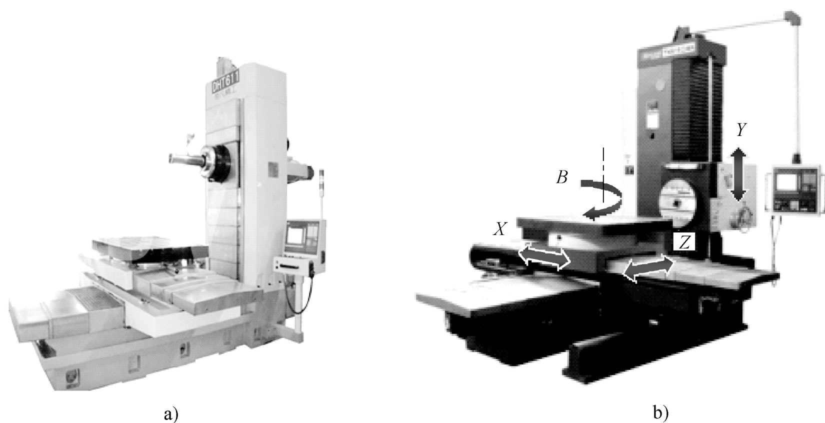


图 1.1-8　立式数控镗铣床

a）数控铣床　b）数控镗铣床

（2）卧式数控镗铣床

主轴轴线水平布置的机床称为卧式机床。卧式数控镗铣床是从普通卧式镗床基础上发展起来的数控机床，常见的外形如图 1.1-9 所示。



a) b)

图 1. 1-9 卧式数控镗铣床

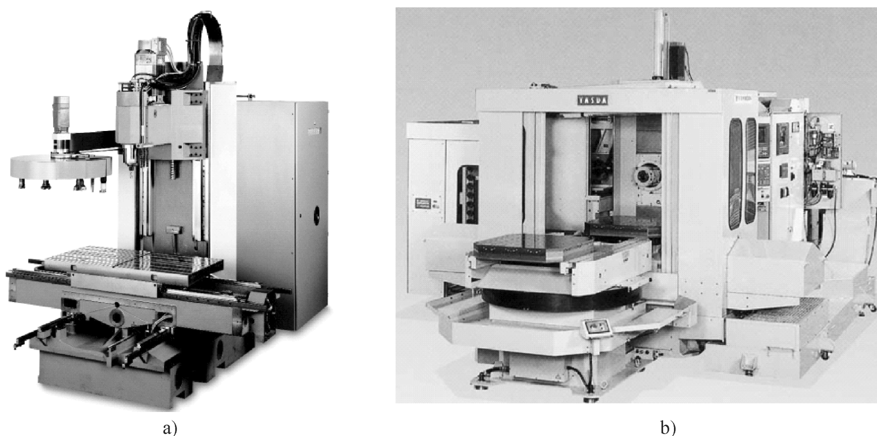
a）小型机床 b）大中型机床

卧式数控镗铣床以镗孔加工为主要特征，主要用来加工箱体类零件上侧面的孔或孔系。卧式机床的布局合理、工作台面敞开、工件装卸方便、工作行程大，故适合于箱体、机架等大型或结构复杂零件的孔加工。卧式数控镗铣床通常配备有回转工作台（*B* 轴），可以完成工件的所有侧面加工，因此，相对立式镗铣床而言，其适用范围更广，机床的精度和价格也相对较高。

2. 加工中心

镗铣加工机床采用数控后，不仅实现了轮廓加工的功能，而且可通过改变加工程序改变零件的加工工艺与工序，增加了机床的柔性。但数控镗铣床由于不能自动换刀，因此，其加工效率相对较低。为此，人们研制了带有自动刀具交换功能（Automatic Tool Changer，ATC）的 NC 机床，并称之为加工中心（Machining Center）。

加工中心通过刀具的自动交换，可一次装、夹完成多工序的加工，实现了工序的集中和工艺的复合，从而缩短了辅助加工时间，提高了机床的效率；减少了零件安装、定位次数，提高了加工精度，它是目前数控机床中产量最大、使用最广的数控机床之一，其种类繁多、结构各异，图 1. 1-10 所示的立式和卧式加工中心属于常见的典型结构。



a) b)

图 1. 1-10 加工中心

a）立式 b）卧式

为了提高加工效率、缩短辅助时间，卧式加工中心经常采用图1.1-10所示的双工作台交换装置，这种机床虽能实现工件的自动交换，但增加双工作台交换的主要目的是提高效率、缩短工件装卸辅助时间，且只能进行一个工件的交换，故不能称为FMC。

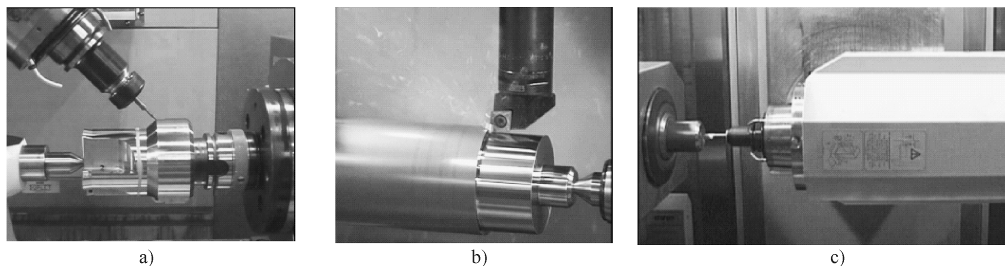
3. 铣车复合加工中心

立式和龙门式加工中心实现铣车复合加工较为容易，它只需要以车削加工的高速数控转台代替传统的数控回转工作台，就可实现铣车加工的复合。立式铣车复合加工中心的常见结构有两种：一是以*A*轴为车削主轴、主轴箱摆动（*B*轴）的结构；另一种为*C*轴为车削主轴、*A*轴转台摆动的结构，前者适合于长度较长的轴类零件铣车复合加工，故又称棒料加工中心；后者适用于长度较短的法兰、端盖类零件铣车复合加工，并可用于多主轴加工。

（1）棒料加工中心

棒料加工中心一般以主轴箱摆动的五轴立式加工中心为基型，工作台上安装有卧式高速数控转台（*A*轴）；主轴箱可绕*Y*轴左右摆动（*B*轴）；机床工作台上一般安装有平行*X*的辅助运动轴*U*，用来安装尾架、夹持器等车削加工辅助部件。

机床用于镗铣类加工时，*A*轴用于回转定位和切削进给，主轴换上镗铣类刀具，机床便可通过*A*轴回转和*B*轴摆动，对轴类零件的侧面进行如图1.1-11a所示的五轴孔加工或平面、槽的铣削加工。当*B*轴在0°位置定位夹紧、*A*轴切换到高速旋转方式、主轴换上车刀并锁紧时，机床可像卧式数控车床那样，通过*X*、*Z*轴的运动，对*A*轴上的旋转工件进行如图1.1-11b所示的轴类零件外圆、端面车削加工。当*B*轴在90°位置夹紧、*A*轴定位并夹紧、主轴换上钻头、丝锥或镗铣刀时，机床就可通过*Y*、*Z*轴定位和*X*轴的进给，对安装在*A*轴上的工件进行如图1.1-11c所示的端面孔加工或槽加工。铣车加工中心在加工端面孔时，即使中心孔，通常也采用工件固定、刀具旋转的加工方式，这点和卧式车床有所不同。



a)　　b)　　c)

图1.1-11　棒料铣车复合加工

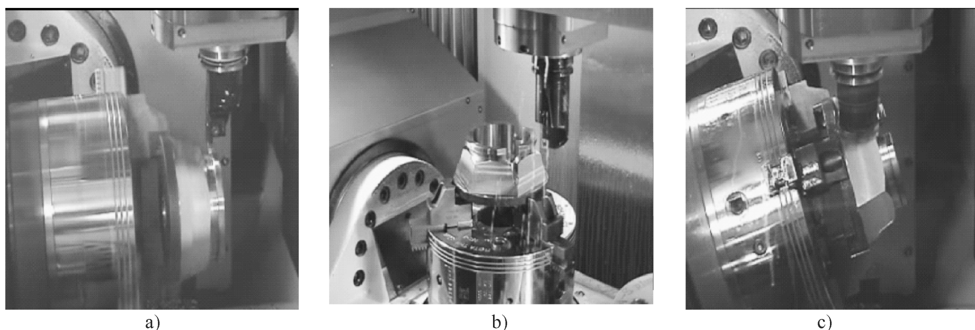
a）五轴铣削　b）外圆端面车削　c）端面孔加工

（2）法兰类复合加工中心

法兰类零件铣车复合加工中心一般以主轴箱固定的五轴立式加工中心为基型，工作台上安装有可绕*X*轴左右摆动（*A*轴）的转台；转台上又安装有可用于车削加工的立式高速数控转台（*C*轴）。

对于镗铣类加工，*C*轴用于回转定位和切削进给、主轴换上镗铣类刀具，机床便通过*C*轴的回转和*A*轴的摆动，对叶轮、端盖、法兰等零件进行五轴铣削加工。当*A*轴在90°位置定位夹紧、*C*轴为水平并切换到高速旋转方式、主轴换上车刀并锁紧时，机床可像卧式数控车床那样，通过*Y*、*Z*轴的运动，对*C*轴上的旋转工件进行如图1.1-12a所示的外圆、端面车削加工。当*A*轴在0°位置定位夹紧、*C*轴为垂直并切换到高速旋转方式、主轴换上车刀

并锁紧时，机床可像立式数控车床那样，进行如图 1. 1-12b 所示的外圆、端面车削加工；如 *C* 轴定位并夹紧、主轴换上钻头、丝锥或镗铣刀，则可对工件的端面进行孔加工或平面、槽的铣削加工。当 *A*、*C* 轴在其他位置同时定位并夹紧时，只要主轴换上钻头、丝锥或镗铣刀，机床就可对端盖、法兰等回转体零件的侧面进行如图 1. 1-12c 所示的孔加工或平面、槽的铣削加工。



a) b) c)

图 1. 1-12 法兰类铣车复合加工

a）卧式车削 b）立式车削和端面加工 c）侧面加工

4. FMC、FMS 和 CIMS

如果在加工中心的基础上，进一步增加如图 1. 1-13 所示的工作台（托盘）自动交换装置（Automatic Pallet Changer，APC），进行工件的自动交换，这样的加工单元称为柔性加工单元（Flexible Manufacturing Cell，FMC）。

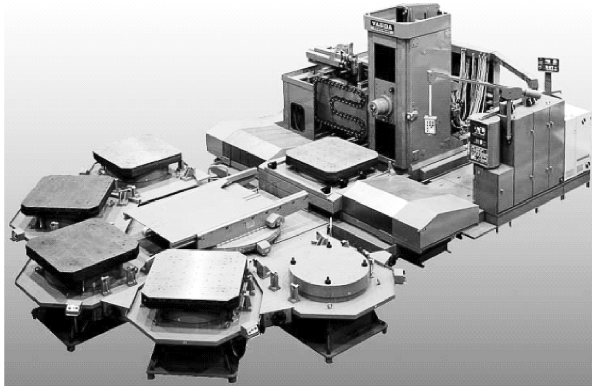


图 1. 1-13 FMC

FMC 不但可完成单个工件的多工序的加工，实现工序的集中和工艺的复合，而且还能够自动交换加工零件，实现较长时间的无人看管加工，它进一步提高了数控机床的利用率和自动化程度，这是一种目前真正能够实用化的无人化加工设备，它在先进的企业中已经得到普及和应用。

NC 机床、加工中心、车削中心、FMC 都是独立的加工设备，如果在它们的基础上，再增加刀具中心、工件中心、输送系统、工业机器人及相关的配套设备，并由中央控制系统进行集中、统一的控制和管理，这样的制造系统称为柔性制造系统（Flexible Manufacturing System，FMS）。

FMS 的规模可大可小，中等规模的 FMS 一般由如图 1. 1-14 所示的若干台 NC 机床、测量机、工业机器人、集中控制台及相关设备组成，这样的 FMS 不仅可进行长时间无人化加工，而且也可以完成零件的测量，基本具备了 FMS 的功能。而大型 FMS 则具有车间制造过程的全面自动化的功能，这样的 FMS 可以称得上是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展，为了适应市场多变的需求，现代制造企业不仅需要实现车间制造

过程的自动化，而且希望实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。如果将这些要求进行综合，并组成为完整的系统，这样的系统称为计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System，CIMS）。CIMS 将一个工厂的全部生产、经营活动进行了有机的集成，实现了高效益、高柔性的智能化生产，它是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

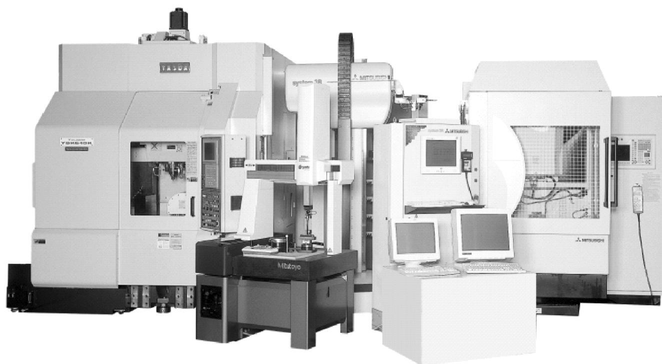


图 1. 1-14　FMS

FMS、CIMS 是现代制造技术的发展方向，但是由于技术、管理、维护等诸多原因，目前还处于研究和试验阶段，即使在发达国家，能够真正实用化的 FMS、CIMS 还不多见。

1. 1. 4　数控机床的基本特点

数控机床是典型的机电一体化设备，是现代制造技术的基础；数控机床也是数控技术应用最早、最广泛的领域，它代表了目前数控技术的性能、水平和发展方向。数控机床与普通机床比较，具有以下特点。

1. 精度高

机床采用 CNC 控制后，由于以下原因，其定位精度和加工精度一般都要高于传统的普通机床。

1）脉冲当量小。CNC 的脉冲当量决定了机床理论上可达到的定位精度，当代 CNC 的脉冲当量一般都在 0. 001mm 及以下，它能实现比普通机床更精确的定位和加工。

2）误差自动补偿。CNC 一般都具备误差自动补偿功能，机床进给传动系统的反向间隙、丝杠的螺距误差等均可通过 CNC 进行自动补偿，因此，即使在同等条件下，数控机床的定位精度也高于普通机床。

3）结构刚性好。数控机床的进给系统普遍采用滚珠丝杠、直线导轨等高效、低摩擦传动部件，传动系统结构简单、传动链短、传动间隙小、部件刚性好，它比普通机床具有更高的刚度、精度和稳定性。

4）人为误差小。数控机床可通过一次装夹，完成多工序的加工，减少了零件的装夹过程的人为误差；其零件的尺寸一致性好，产品合格率高，加工质量稳定。

2. 柔性强

机床采用 CNC 控制后，只需更换加工程序，就能进行不同零件的加工，它为多品种、小批量加工及新产品试制提供了极大的便利。

数控机床还可通过多轴联动控制，实现空间曲线、曲面的加工，加工普通机床难以或无法完成的复杂零件加工，因此，其适用范围更广、柔性比普通机床更强。

3. 生产效率高

零件加工效率决定于零件的实际加工时间和辅助加工时间。数控机床的加工效率主要体

现在以下几个方面。

1）数控机床的切削速度和进给量可以任意选择，因此，每一道工序都可选择最佳的切削用量，以提高加工效率；此外，由于数控机床的刚性好，允许进行大切削用量的强力切削，其加工效率高，实际加工时间短。

2）数控机床的快速移动速度大大高于普通机床，一般数控机床的快速通常都在 30m/min 以上，在高速加工机床上，更是可达到近 100m/min，其刀具定位的时间非常短，加工辅助时间比普通机床要小得多。

3）数控机床一次装夹，可完成多工序加工，更换同类零件不需要重新调整机床；大大节省了零件安装、调整时间。数控机床可实现精确、快速定位，因此不必像普通机床那样，需要在加工前对工件进行划线，可节省划线工时。

4）加工零件的尺寸一致性好，质量稳定，加工零件通常只需要进行首检与抽检，可节省了工件检验时间。

4. 有利于现代化管理

数控机床能准确地计算零件加工工时和费用，有利于生产管理的现代化。先进的数控机床，还可方便地连接到工厂自动化网络或信息管理网络中，它为企业的计算机辅助设计与制造和信息化管理提供了条件。

1.2 数控原理与系统

1.2.1 数控系统的组成

数控系统的基本组成如图 1.2-1 所示。数控系统以运动轨迹的控制作为主要控制对象，它需要对设备各运动轴的移动速度和位置等进行联合控制，其控制指令来自数控加工程序。

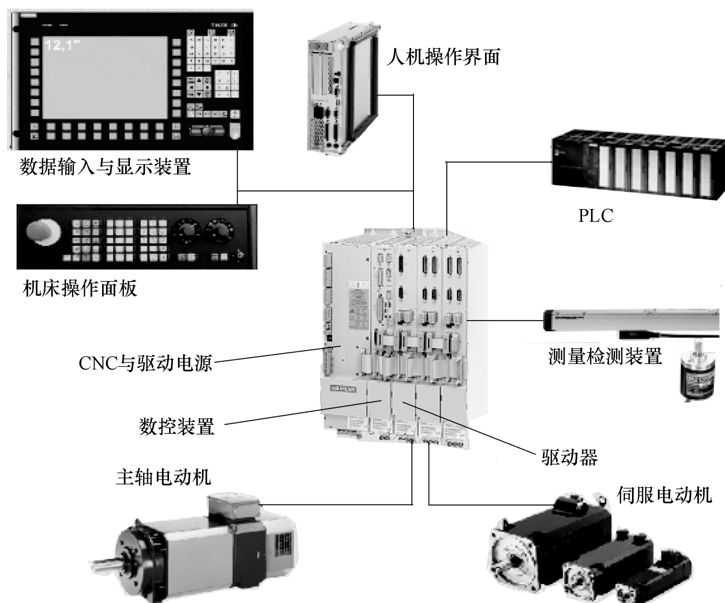


图 1.2-1 数控系统的组成

因此，作为数控系统的最基本组成，它必须有数据输入/显示装置、轨迹控制装置（数控装置）、运动轴驱动装置（伺服驱动）等硬件和配套的软件。

1. 数据输入/显示装置

数据输入/显示装置用于加工程序、控制参数等的输入和程序、位置、工作状态的显示。键盘和显示器是任何 CNC 都必备的基本数据输入/显示装置。键盘用于数据的手动输入，故称手动数据输入单元，简称 MDI，液晶显示器简称 LCD，两者通常制成一体，这样的单元称为 MDI/LCD 单元。作为数据输入/显示装置的扩展，早期的 CNC 曾经采用光电阅读机、磁带机、软盘驱动器和 CRT 等外部设备，这些设备目前已经淘汰，而计算机则成为了目前最常用的数据输入/显示扩展设备。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心部件，它包括输入/输出接口、控制器、运算器和存储器等。数控装置的作用是将外部输入命令转换为控制信号，以控制设备各部分的运动。

坐标轴的运动速度、方向和位移决定了刀具运动轨迹，它是数控装置最为主要的功能。坐标轴的运动控制信号（位置指令脉冲）可通过数控装置的插补运算生成，指令脉冲经伺服驱动系统的放大，驱动坐标轴的运动。

计算机技术发展到今天，数控装置的控制轴数、运算精度、处理速度等已不再是制约数控系统性能的主要问题，因此，衡量数控装置的性能和水平，必须从其位置控制的能力上进行区分。国产普及型 CNC 目前只具备位置指令脉冲的生成功能，它不能进行位置的实时监控和闭环控制；进口全功能 CNC 不仅具有位置指令脉冲生成功能，而且其坐标轴的闭环位置控制也通过数控装置实现，因此，其技术先进、结构复杂、价格高，但其位置控制精度、轮廓加工性能大大优于国产普及型 CNC。

3. 伺服驱动

伺服驱动（Servo Drive，SV）装置由驱动器（也称放大器）和伺服电动机等组成，按日本 JIS 标准，它是“以物体的位置、方向、状态等作为控制量，追踪目标值的任意变化的控制机构”。伺服驱动装置不仅可和数控装置配套使用，且还可构成独立的位置随动系统，故又称伺服系统。交流伺服驱动是当前最为常用的驱动装置；在先进的高速加工机床上，已开始使用直线电动机；早期的数控机床也有采用直流伺服驱动的情况；简易数控设备有时也可采用步进驱动。

伺服驱动系统的结构与数控装置的性能密切相关，因此，它是区分经济型、普及型与全功能型数控的标准。经济型 CNC 使用的是步进驱动；国产普及型 CNC 由于数控装置不能进行闭环位置控制，故需要使用具有位置控制功能的通用型伺服驱动；进口全功能 CNC 本身具有闭环位置控制功能，故使用的是无位置控制功能的专用型伺服驱动。

4. PLC

PLC 是可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller）的简称，专门用于机床控制的 PLC 又称 PMC（Programmable Machine Controller），它用于数控设备除坐标轴（运动轨迹）外的其他动作控制，例如数控机床的主轴转速、转向和起/停；刀具的自动交换；冷却、润滑的控制；工件的松开、夹紧控制等。

在简单数控系统上，辅助控制命令在经过数控装置的编译后，一般以电平或脉冲信号的形式，直接输出到外部，由强电控制电路或外部 PLC 进行处理；在全功能 CNC 上，为了便

于用户使用，PLC（PMC）一般作为 CNC 的基本组件，直接集成在 CNC 上；或通过网络链接，使两者成为统一的整体。

5. 其他

随着数控技术的发展和机床控制要求的提高，数控系统的功能在日益增强。例如，在金属切削机床上，为了控制切削速度，主轴是其必需部件；特别是随着车铣复合等先进 CNC 机床的出现，主轴不仅需要进行速度控制，而且还需要参与坐标轴的插补运算（Cs 轴控制），因此，在全功能 CNC 上，主轴驱动装置也是数控系统的基本组件之一。

此外，在全闭环控制的数控机床上，用于直接位置测量的光栅、编码器等也是数控系统的基本部件。为了方便用户使用，机床操作面板等也是数控系统常用的配套装置；在先进的数控系统上，还可以直接选择集成有个人计算机的人机界面，进行文件的管理和数据预处理，数控系统的功能更强、性能更完善。

1.2.2 数控加工原理

1. 数控机床的加工

数控技术以运动轨迹控制作为根本目的，为了说明数控系统的工作原理，下面以数控机床这一典型数控设备为例进行说明。

数控机床的一般组成如图 1.2-2 所示，其零件加工分以下步骤进行。

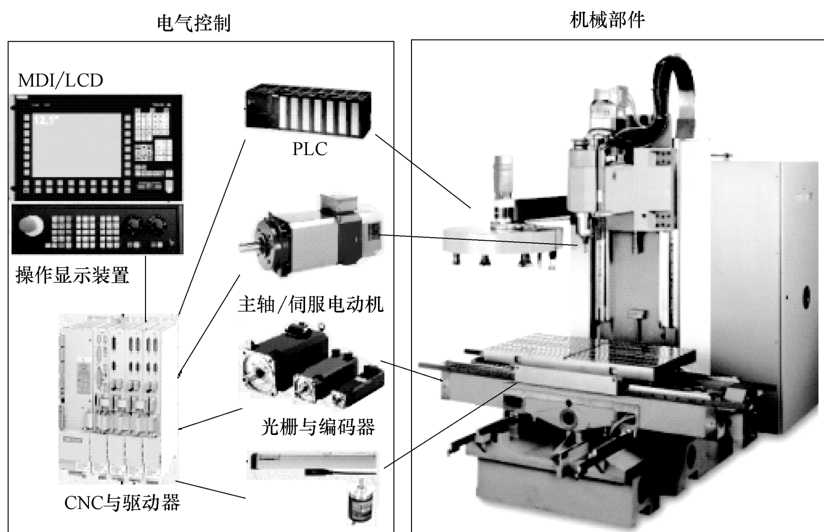


图 1.2-2 数控机床的一般组成

1）程序编制：根据被加工零件的图样与工艺方案，用规定的代码和程序格式，将刀具的移动轨迹、加工工艺过程、工艺参数、切削用量等编写成 CNC 能够识别的指令。并将所编写的加工程序输入到 CNC。

2）自动运行：CNC 自动执行加工程序，对其进行译码、运算处理，并向各坐标轴的伺服驱动或辅助控制装置，发送相应的控制信号，控制机床的各部件运动。在运动过程中，CNC 需要通过反馈装置，随时检测坐标轴的实际速度与位置，保证运动轨迹的正确无误；

辅助部件的动作也需要通过行程开关等检测装置进行监控。

3）操作监控：操作者可随时对机床的加工情况、工作状态进行观察、检查，必要时可对加工程序、执行过程和机床动作进行调整，保证机床的安全、可靠运行。

2. 轨迹控制原理

运动轨迹控制是数控系统最为主要的功能，也是机床采用数控的根本原因。

在传统的机床上，加工零件需要操作者根据图样的要求，通过不断改变刀具的运动轨迹和运动速度，对工件进行切削加工，保证零件的位置、轮廓和表面质量达到规定的要求。因此，如果工件的轮廓为曲线或曲面，它需要通过多个坐标轴的运动合成，这样的工件如通过操作者的手动操作来进行加工，是任何操作者都无法做到的。

数控机床的运动轨迹控制，实质上是应用了数学上的微分原理，其工作原理与过程如图 1. 2-3 所示。

1）微分处理。CNC 根据加工程序的要求，将坐标轴的运动量，微分为 ΔX、ΔY 等的微小运动，这一微小运动量称为 CNC 的插补单位。

2）插补运算。CNC 将程序要求的运动轨迹，用微小运动组成的等效折线拟合，并找出最接近理论轨迹的拟合线。

在 CNC 中，这种根据给定的数学函数，在理想轨迹的已知点之间，通过微分确定中间点的方法称为插补运算，插补运算有多种方法，但目前计算机的处理速度和精度，任何插补方法都已足以满足机械加工的需要，故无需深究。

3）指令分配。CNC 按照拟合线的要求，向需要参与插补的坐标轴，连续、有序地输出指令脉冲。指令通过伺服驱动系统的放大，驱动机床坐标轴运动，合成为刀具运动轨迹。

由此可得到以下结论：

1）只要数控系统的插补单位 ΔX、ΔY 足够小，拟合线就可以完全等效代替理论轨迹。

2）如果改变参与插补的坐标轴的指令脉冲分配方式，便可以改变拟合线的形状，从而改变刀具运动轨迹。

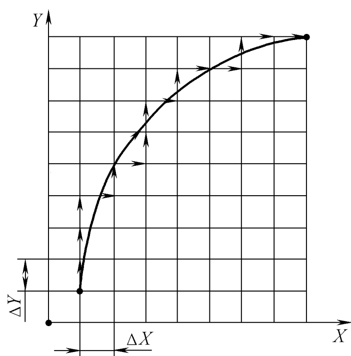


图 1. 2-3　轨迹控制原理

3）如果改变指令脉冲的输出频率，即可改变坐标轴（刀具）的运动速度。

因此，可实现数控机床的刀具运动轨迹控制。

3. 多轴联动和精度

在 CNC 上，将能够通过 CNC 控制速度和位移的坐标轴数量，称为 CNC 的控制轴数；将能够参与插补运算的坐标轴数量，称为联动轴数。显然，能够参与插补运算的联动轴数越多，CNC 的轮廓拟合能力就越强，因此，联动轴数曾经是衡量 CNC 性能水平的重要技术指标之一。

但是，如前所述，计算机技术发展到了今天，无论是其处理速度还是精度，要进行多个坐标轴的插补运算、输出相应的指令脉冲，这已经不是什么难题，因此，CNC 能够进行多少个坐标轴的插补处理，这其实并不重要，重要的是怎样保证坐标轴能够完全按照指令脉冲进行运动，确保实际运动轨迹的准确无误。为此，国外先进的 CNC 都需要将伺服驱动和

CNC 作为一个整体进行设计，并通过 CNC 的闭环位置控制，来确保实际坐标轴的运动和指令脉冲完全一致，这正是国产经济型、普及型 CNC 和国外全功能 CNC 的差距所在，在使用时需要引起注意。

采用数字化信息控制后，坐标轴的运动控制信号为脉冲信号。CNC 输出的单位脉冲所对应的坐标轴位移，称为数控机床的最小移动单位，亦称脉冲当量，它是机床理论上能够达到的最高位置控制精度。经济型 CNC 由于受步进电动机步距角的限制，其脉冲当量通常只能达到 0.01mm 左右；国产普及型 CNC 的脉冲当量一般为 0.001mm；进口全功能 CNC 的脉冲当量一般可达到 0.0001mm，甚至更小。

机床的实际运动精度和位置测量装置密切相关，采用电动机内置编码器作为位置检测元件时，可以保证电动机转角的准确；采用光栅或编码器直接检测，可以保证直线轴或回转轴的定位准确。经济型 CNC 的步进电动机无位置检测装置，故存在失步现象。国产普及型 CNC 的电动机内置编码器一般为 2500P/r，通过 4 倍频线路，对于导程 10mm 的传动系统，电动机和丝杠 1:1 连接时，检测精度可以达到 1μm。进口全功能 CNC 的电动机内置编码器、光栅的分辨率已可达 2^{28}（268 435 456P/r）左右，同样对于导程 10mm 的传动系统，电动机和丝杠 1:1 连接时，检测精度可以达到 0.04μm。

1.2.3 普及型与全功能型 CNC

目前，我国数控机床所使用的数控系统有国产经济型、普及型和进口全功能型之分，它不是单纯就 CNC 软件功能，来进行的分类，而是应从数控机床的控制要求和 CNC 实际具备的控制性能的角度来理解不同 CNC 所存在的区别。数控机床是一种加工设备，既快又好地完成加工，是人们对它的最大期望，因此，机床实际能够达到的加工精度和效率，是衡量其性能水平最重要的技术指标，而 CNC 控制轴数、联动轴数等虽代表了 CNC 的轮廓加工能力，但它们只是 CNC 软件功能的区别，并不代表机床实际能达到的精度和效率。

伺服驱动的结构和性能，是决定机床定位精度和轮廓加工精度的关键部件，也是判定经济型、普及型和全功能型 CNC 最简单的方法。使用开环步进驱动的 CNC 属于经济型数控；配套的通用伺服驱动装置的 CNC 属于普及型数控；而全功能型 CNC 则需要配套专用伺服驱动器㊀。目前，国内对于经济型 CNC 的定义，人们已经形成了普遍的共识，但对于普及型 CNC 和全功能 CNC 的区别，目前还存在较大的误区，以至于在购买、使用数控机床时出现了这样那样的问题，现说明如下。

1. 普及型 CNC

普及型 CNC 的一般组成如图 1.2-4 所示，它通常由 CNC/MDI/LCD 集成单元（简称 CNC 单元）、通用型伺服驱动器、主轴驱动器（一般为变频器）、机床操作面板和 I/O 设备等硬件组成，CNC 对配套的驱动器、变频器的厂家和型号无要求。

普及型 CNC 的数控装置只能输出指令脉冲，它不具备闭环位置控制功能。因此，它只能配套具有闭环位置控制功能的通用型交流伺服器，这是它和于全功能 CNC 的最大区别。由于普及型 CNC 的位置测量信号不能反馈到 CNC 上，故 CNC 不能对坐标轴的实际位置、速度进行实时监控，也不能实时修正运动轨迹与速度，从这一意义上说，对 CNC 而言，它仍

㊀ 龚仲华. 论通用伺服与专用伺服［J］. 制造技术与机床，2011（5）.

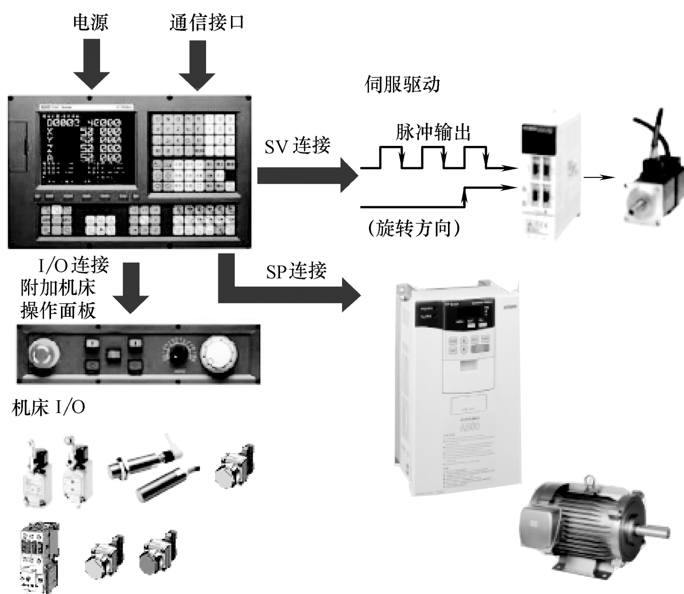


图 1.2-4　普及型 CNC 的组成

属于开环系统的范畴。

国产普及型 CNC 所使用的伺服驱动器是一种本身带有闭环位置控制功能、通过指令脉冲控制伺服电动机位置和速度的通用控制器，它对上级位置控制器（指令脉冲的提供者）无要求，故也可用于 PLC 控制。为了进行驱动器和 CNC 指令脉冲、机床移动量的匹配，驱动器必须带有用于数据设定与显示的操作面板。

由于普及型 CNC 不具备闭环速度、位置控制功能，这样的 CNC 实际上只是一个具有插补运算功能的指令脉冲发生器，实际坐标轴的运动都是在各自的驱动器控制下独立进行的。正因为如此，普及型 CNC 不能实时监控位置误差、速度等重要参数，也不能实际位置来调整指令脉冲输出，因此，刀具运动轨迹精确控制，只存在理论上的可能。从这一意义上说，通用伺服驱动的作用类似于步进驱动，只是它可实现连续、任意位置的定位，也不存在步进电动机的失步而已。

综上所述，尽管国产普及型 CNC 的价格低、可靠性也较好，部分产品也开发了多轴联动功能，但其结构决定了它的定位精度、轮廓控制性能等都与全功能型 CNC 存在较大的差距。此外，普及型 CNC 的 PLC 性能、主轴控制性能也都无法与全功能 CNC 相比，它不能实现主轴的位置插补控制（Cs 轴控制），因此，也不能够用于车削中心、车铣复合加工机床的控制。

2. 全功能 CNC

全功能型 CNC 是一种通过 CNC 实现闭环位置控制、需要配套专用伺服驱动器，并带有内置 PLC 或 PMC 的完整系统，其功能强、结构复杂、组成部件多。全功能型 CNC 的各组成部件均需要在 CNC 的统一控制下运行，部件间的联系紧密，伺服驱动器、主轴驱动器、PMC 等都不能独立使用，因此，在控制系统设计、连接、调试时必须将其作为一个统一的整体来考虑。

目前，全功能型 CNC 一般都采用了网络控制技术，以 FS-0iD 为例，其组成如图 1.2-5 所示。与早期的 CNC 比较，采用了网络控制的 CNC，以 I/O-Link、PROFIBUS、FSSB 等现场总线替代了传统的 I/O 单元、伺服驱动器的连接电缆；以工业以太网替代了传统的通信连接，故 CNC 的连接简单、扩展性好、可靠性高。

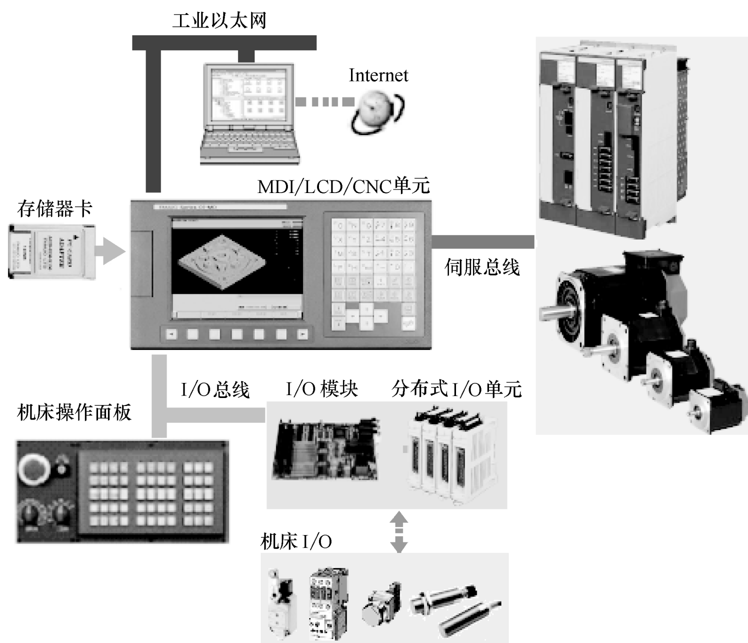


图 1.2-5　FS-0iD 的系统组成

全功能型 CNC 的闭环位置控制通过 CNC 实现，故必须配套专用的伺服驱动器，伺服驱动器与 CNC 之间一般通过总线连接，如 FANUC 的 FSSB 总线、SIEMENS 的 PROFIBUS 总线等，总线通信使用专用协议，对外部无开放性，驱动器不能独立使用。驱动器参数设定、状态监控、调试与优化等均可通过 CNC 的 MDI/LCD 单元进行，驱动器无操作面板。

通过 CNC 进行位置控制是全功能型 CNC 的最大特点，因此，CNC 不但能实时监控运动部件的位置误差、速度等，而且所有坐标轴的运动都可以作为整体进行统一控制，它可根据机床的实际运动来调整 CNC 的指令脉冲输出、确保刀具运动轨迹的准确无误，这是一种真正意义上的闭环位置控制系统。在先进的 CNC 上，还可通过“插补前加减速”、“AI 先行控制（Advanced Preview Control）”等前瞻控制功能，进一步提高轮廓加工精度。这就是配套全功能型 CNC 的数控机床，其定位精度、轮廓加工精度要远远高于普及型 CNC 的原因所在。

1.2.4　伺服驱动系统的结构

1. 开环系统

无位置反馈装置的伺服驱动系统称为开环系统，使用步进电动机（包括电液脉冲马达）作为执行元件是开环系统最明显的特点。

开环系统的基本组成如图 1.2-6 所示。CNC 输出的指令脉冲，经过步进驱动器的环形分

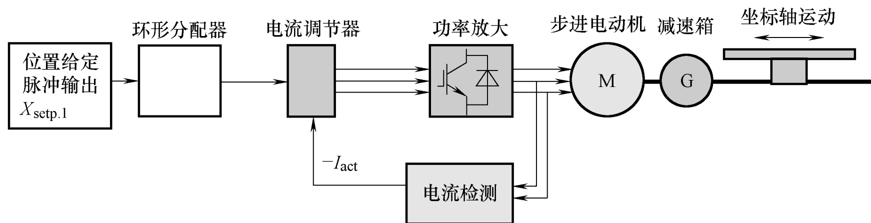


图 1.2-6　开环系统的基本组成

配器或脉冲分配软件的处理和电流调节、功率放大后，驱动电动机电枢，控制步进电动机的角位移。因此，CNC 只需要控制环形分配器的输出脉冲数量与频率，就可以控制步进电动机的转角与转速，从而间接控制了移动部件的移动速度与位移量。

为了匹配电动机步距角和脉冲当量，并对转矩进行放大，开环系统一般需要配置机械减速装置。步进电动机经过减速装置带动丝杠旋转，并通过滚珠丝杠螺母副将角位移转换为移动部件的直线位移。

采用开环系统的数控机床结构简单、制造成本低，也不存在闭环系统的稳定性问题。但由于系统不能检测运动部件的实际位移，因而无法通过反馈自动调节和消除误差；此外，步进电动机的步距角误差、齿轮与丝杠等部件的传动误差等，最终也将影响零件的加工精度；特别是在负载转矩超过电动机输出转矩时，将导致步进电动机的失步，使加工无法进行。因此，它只能用于加工精度要求不高、负载轻且变化不大的简易型与经济型数控机床。

2. 半闭环驱动及其特点

以旋转编码器作为位置检测器件、但不检测最终控制量的伺服驱动系统，称为半闭环系统。直线运动轴的编码器，通常安装在传动丝杠或伺服电动机上；回转轴的编码器，通常安装在蜗杆或伺服电动机上。由于伺服电动机、丝杠、蜗杆和工作台中间为机械刚性连接，因此，通过这样的检测装置，可以间接反映最终运动部件的位移和速度。

半闭环驱动的结构原理如图 1.2-7 所示，它需要采用伺服驱动。根据交流伺服的控制需要，编码器的检测信号包含有转子位置检测信号和位置反馈信号，前者用于交流伺服驱动器的坐标变换、矢量计算和逆变管控制；后者需要反馈至 CNC，它被分解为闭环速度控制用

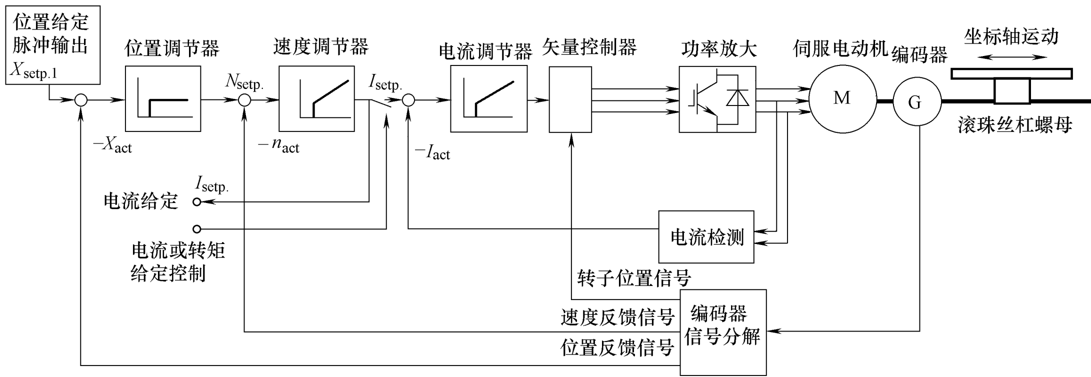


图 1.2-7　半闭环系统的基本组成

的速度反馈信号及闭环位置控制用的位置反馈信号。

在早期的交流伺服驱动系统中，也有使用霍尔元件检测转子位置、测速发电机检测速度、编码器检测位置的多检测装置结构，如 SIEMENS 公司的 SIMODRIVE 610 系列交流伺服驱动等，在这种结构的伺服系统中，编码器只提供位置反馈信号。

为了便于使用和调试，半闭环系统的编码器通常直接安装在伺服电动机内，称为内置编码器。这样的系统结构紧凑、设计简单、使用方便，且电气控制与机械传动部分间有明显的分界，机械传动系统的间隙、摩擦死区、变形等非线性环节都在闭环外，因此，系统调试容易、稳定性好，故在数控机床上得到了广泛使用。

3. 全闭环系统

全闭环系统是直接检测最终控制量的闭环伺服驱动系统。直线运动轴的检测通常采用光栅；回转轴的检测通常采用直接检测编码器。

以直线轴为例，全闭环系统的基本组成如图 1. 2-8 所示。其机床运动部件上，安装了检测直线位移的光栅，检测信号是坐标轴真实的位置与速度。因此，从理论上说，这样的系统其控制精度仅取决于检测装置本身的精度，它可对机械传动系统的间隙、摩擦死区、变形等进行自动补偿。

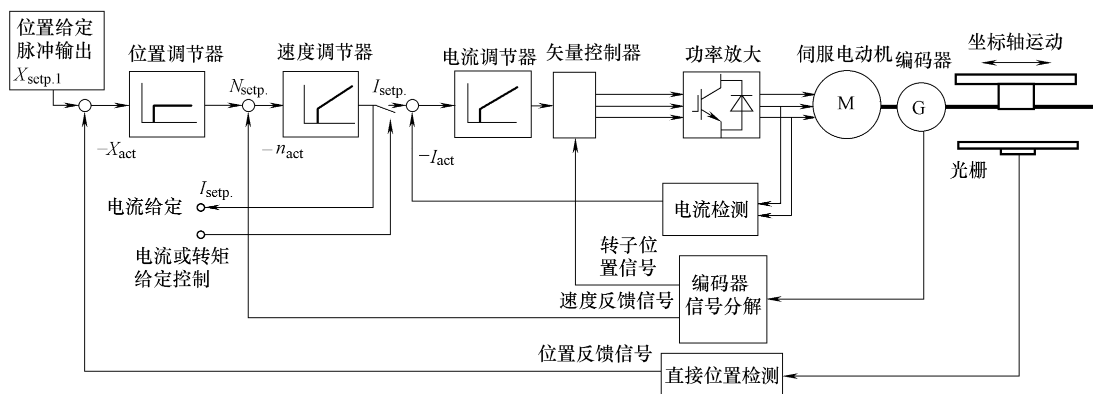


图 1. 2-8 全闭环系统的基本组成

全闭环系统的结构，决定了它对传动系统的精度、刚性要求比半闭环系统更高，机械传动部件的刚度、间隙和导轨的爬行、摩擦死区等非线性因素，将直接影响系统的稳定性，严重时甚至产生振荡。

为了解决以上问题，现代数控机床正在尝试采用直线电动机作为执行元件，采用直线电动机驱动的系统，理论上可完全取消将旋转运动变为直线运动的机械传动部件，实现所谓的“零传动”，从而从根本上消除机械传动部件精度、刚度、间隙的影响，获得比传统进给系统更高的精度和速度。

1. 2. 5 通用伺服和专用伺服

1. 通用伺服

通用伺服是指驱动器本身具有闭环位置控制功能，可直接通过外部指令控制速度和位置的伺服驱动器及其配套电动机，其伺服驱动系统组成如图 1. 2-9 所示。

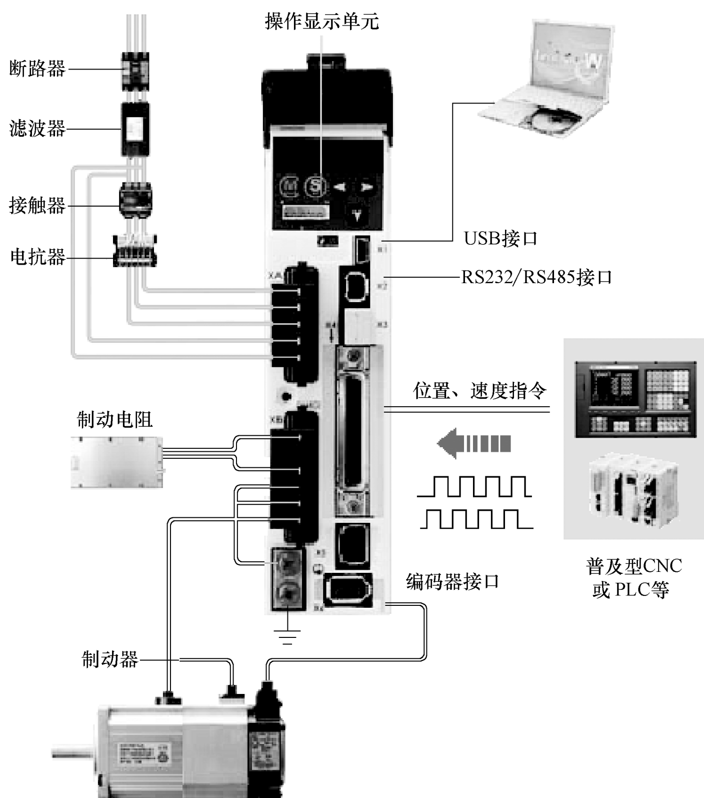


图1.2-9　通用伺服系统的组成

通用伺服的驱动器具有闭环位置、速度、转矩控制功能，它可以通过伺服电动机内置编码器，组成独立的闭环位置、速度、转矩系统。日本安川、三菱、松下等公司生产的驱动器是目前国内使用较多的通用伺服产品。

驱动器用于闭环位置控制时，位置指令一般以脉冲的形式输入，指令脉冲的频率和数量直接决定电动机的转速和转角。驱动器对指令脉冲的来源无要求，它既可与普及型CNC配套，也可与PLC配套构成PLC定位控制系统。脉冲输入接口一般可接收差分输出或集电极开路输出的标准信号，指令脉冲既可是90°相位差的正/反脉冲，也可以是脉冲“+”方向信号。

通用伺服是独立的控制部件，其参数设定、监控等操作，可通过驱动器配套的操作/显示面板实现，因此，它可以和任何普及型CNC配套使用。配套通用伺服的普及型CNC结构非常简单，CNC不需要进行闭环位置控制和监控，也不需要进行编码器反馈信号的处理；但出于回参考点等动作的需要，编码器的零位脉冲需要输入到CNC。

配套通用伺服的普及型CNC，无法通过CNC监控实际坐标轴的运动，也不能通过CNC进行驱动器的参数设定与优化，因此，机床的定位精度和轮廓加工精度完全决定于驱动器本身，这样的系统很难满足高速、高精度的加工需要。

通用伺服的编码器位置检测信号可以输出到外部，故也可以用于全功能CNC。这时，驱动器只作速度控制装置使用，其位置检测信号应连接到全功能CNC上，通过CNC实现坐

标轴的闭环位置控制。但是，这样将增加系统成本，故实际较少使用。

2. 专用伺服

全功能 CNC 所使用的专用伺服驱动器本身不具备位置控制功能，坐标轴的闭环位置控制需要通过 CNC 实现，驱动器实质只起到功率放大的作用，故又称伺服放大器。

使用专用伺服的驱动系统组成如图 1.2-10 所示，驱动器必须与 CNC 配套使用。

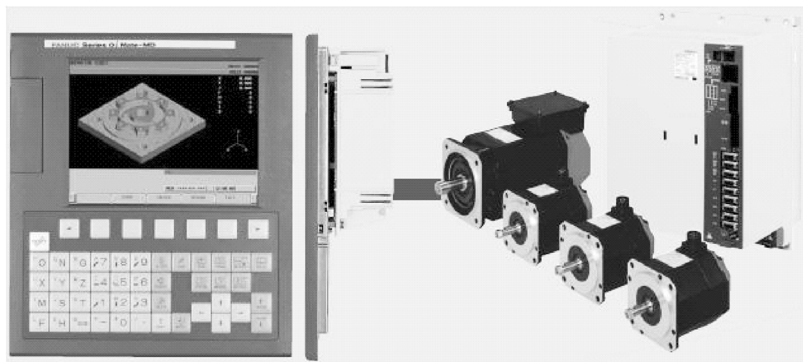


图 1.2-10　专用伺服系统的组成

专用伺服的位置控制通过 CNC 实现，因此，驱动系统的参数设定、状态监控、调试与优化等均可直接在 CNC 上实现。CNC 不但能实时监控运动部件的位置和速度，而且所有坐标轴都进行统一控制，确保刀具运动轨迹的准确无误。在先进的 CNC 上，还可通过“插补前加减速”、“AI 先行控制（Advanced Preview Control）”等前瞻控制功能，进一步提高轮廓加工精度，因此，其定位精度、加工精度要远远高于普及型 CNC。

目前，专用伺服的驱动器和 CNC 间一般通过专用总线连接，它需要采用专用的通信协议，对外无开放性，因此，驱动器不能独立使用，也不需要配套参数设定、监控等操作的操作/显示单元。

1.3　FS-0iD 功能说明

1.3.1　FANUC 产品简介

1. 产品发展

FANUC 公司是全球最大、最著名的 CNC 生产厂家，其产品以可靠性著称，技术水平居世界领先地位，产品占全球 CNC 市场的 30% 以上。

FANUC 公司的主要产品生产与开发情况大致如下：

1956 年：开发了日本第一台点位控制的 NC（控制器件为电子管，驱动为电液脉冲马达）。

1959 年：开发了日本第一台连续控制的 NC（控制器件为电子管，驱动为电液脉冲马达）。

1960 年：开发了日本第一台开环步进电动机直接驱动的 NC。

1966 年：采用集成电路的 NC 开发成功。

1968 年：全世界首台计算机群控数控系统（DNC）开发成功。

通过以上研究与产品开发，到了 1974 年 FANUC 公司的 NC 市场占有率已经位居世界第

一；但是，当时该公司在开发低噪声、大扭矩电液脉冲马达时遇到困难，使得公司决定从美国 GETTYS 公司引进直流伺服电动机的制造技术，并开始进行商品化与产业化。

FANUC 公司这一决策直接推动了数控技术的全面进步，在数控系统上从此开始了纯电气驱动代替了液压驱动，闭环控制代替了开环控制的历程。

1975 年：与 SIEMENS 公司签订了 10 年的产品合作协议。

1976 ~ 1977 年：开发了第一代闭环 CNC 系列产品 FANUC 5/7 系统、FANUC 直流伺服电动机与直流主轴电动机系列产品，5/7 系统可以实现 4 轴控制/3 轴联动，功能较丰富，已经可以满足绝大部分数控机床的控制要求。

1979 年：开发了第二代闭环数控系统系列产品 FANUC 6 系统，该系统可以实现 5 轴控制/4 轴联动，CNC 功能已经与目前一般使用的 CNC 无太大差别；FANUC 公司也逐步开始在 NC 技术上引领世界潮流。

1980 ~ 1982 年：开发了第二代闭环功能精简型数控系统系列产品 FANUC 3 系统、FANUC 交流主轴电机与交流伺服电机系列产品；CNC 的性能价格比较高；驱动器应用了磁场矢量控制理论，开始了交流伺服驱动全面代替直流伺服驱动的革命。

1984 年：开发了第三代闭环数控系统系列产品 FANUC 10/11/12 系统，该系列产品率先采用了光缆通信等新技术，CNC 可以实现 5 轴控制/5 轴联动，功能十分丰富，并成为了 FANUC 在此后多年产品开发的基础，即使在今天，10/11/12 系列 CNC 的功能仍然不显落后。

1985 年：开发了第三代闭环功能精简型数控系统系列产品 FANUC 0 系统，FANUC 0 是 FANUC 历史上开发最为成功的系统之一，CNC 不仅可靠性大幅度提高，而且在性能价格比上领先于同类产品。

1986 年：开发了使用 MMC（Man Machine Communication，人机交互）技术的 FANUC 00/100/110/120 系列 CNC 与数字伺服驱动系列产品，数字伺服技术开始在数控系统上得到全面应用。

1987 年：开发了 FANUC 15 系列 CNC，该系列 CNC 在最大配置的情况下，可以实现 24 轴控制/24 轴联动，CNC 的技术水平在当时达到了前所未有的高度。而随后几年（1987 年 ~ 1994 年）所做的工作主要是对 FANUC 15 系列 CNC 进行的功能精简与提高性能价格比，相继开发的产品有 FANUC 16 系列 CNC（18 轴控制/6 轴联动）、FANUC 18 系列 CNC（10 轴控制/4 轴联动）、FANUC 20 系列 CNC（8 轴控制/4 轴联动）、FANUC 21 系列 CNC（6 轴控制/4 轴联动）、FANUC 22 系列 CNC（4 轴控制/4 轴联动）等。

1995 ~ 1998 年：开始在 CNC 中应用 IT 的网络与总线等技术，开发了 i 系列 CNC 产品，如 FANUC 15i/150i-MODEL A、FANUC 16i/18i/21i-MODEL A、FANUC 160i/180i/210i-MODEL A、FANUC 15i/150i-MODEL B 等。

2000 年：开发了 FANUC 0i-MODEL A（控制轴数/联动轴数为 4/4 轴）、FANUC 16i/18i/21i-MODEL B（最大控制轴数/联动轴数分别为 8/6、8/5、5/4 轴）、FANUC 160is/180is/210is-MODELB 和 FANUCαi 系列、β 系列数字伺服等驱动产品。

2002 年：开发了可用于 5 轴联动加工的 FANUC 16i/18i/21i-MB5 及 FANUC 0i-MODEL B、FANUC 0i-Mate A（控制轴数/联动轴数为 3/3 轴）系列 CNC、βi 系列数字伺服驱动。

2003～2005 年：相继开发了 FANUC 30i/31i/32i-MODEL A、5 轴加工用 FANUC 30i-MODEL -A5 及 FANUC 0i/0i-Mate -MODEL C 系列 CNC、αis 系列数字伺服驱动。

2005～2007 年：相继开发了 5 轴联动加工用 FANUC 31i/32i -MODEL -A5 与使用 MMC（人机界面）的 FANUC 300i /310i/320i-MODEL A、FANUC 300is /310is/320is-MODEL A、FANUC 31i /310i/310is-MODEL -A5 系列 CNC。

2008～2011 年：相继开发了 5 轴联动加工用 FANUC 31i-MODEL -B5，FANUC 30i /32i-MODEL – B，FANUC 35i-MODEL -B 系列 CNC 及 FANUC 0i/0iMate -MODEL D 系列 CNC。

2. 产品与技术

FANUC-0i/0iMate -MODEL D 系列数控系统（简称 FS-0iD）是日本 FANUC 公司最新开发、目前国际国内市场用量最大、可靠性最高的数控系统，是 FANUC 当前的主要产品，它可以满足绝大多数 5 轴以下数控机床的控制要求，产品销售最大，在国内外市场使用最广泛，本书将在后续的内容中，对其进行全面的介绍。

FANUC 30i 系列 CNC 是为了适应世界机床行业技术发展，而开发的高速、高精度、五轴加工用数控系统，其产品性能居当今世界领先水平。



a) b) c)

图 1.3-1 FS-30i 系列 CNC

a）30i b）31i/35i c）32i

FANUC 30i 系列 CNC 分 30i、31i、32i、35i 四大系列，以 FANUC 30i 的性能为最高，其控制轴数/联动轴数可以达到 40 轴（32 进给 +8 主轴)/24 轴，10 通道（也称 10 系统）控制；以下依次为 FANUC 31i，其最大控制轴数/基本联动轴数为 26 轴（20 进给 +6 主轴)/4 轴，4 通道控制，可选择 5 轴联动（FANUC 31i-B5)；FANUC 35i，其最大控制轴数/联动轴数为 20 轴（16 进给 +4 主轴)/4 轴，4 通道控制；FANUC 32i，其最大控制轴数/联动轴数为 16 轴（10 进给 +6 主轴)/4 轴，2 通道控制。

FANUC 30i 系列 CNC 采用了最先进的超高速处理器、FSSB 高速串行伺服总线技术（FANUC Serial Servo Bus)、64 位 RISC（精简指令系统）等，大大提高了 NC 的处理速度；IC 元件的立体化安装有效地提高了可靠性、缩小了体积。CNC 的最小输入单位、最小输出单位、插补单位为 1nm，伺服电动机内置有 2^{24}P/r（16777216，简称 1600 万）的 αi 系列编码器，可用于高速、高精度控制。CNC 集成的 PMC 最大可链接 2048/2048 点 I/O，PMC 程序的最大容量可达 300000 程序步。

FANUC 30i 系列 CNC 可配套 15in[1] TFT 大液晶显示器和水平/垂直双菜单操作，可进行多通道同时显示、3 维驱动特性显示和调整。CNC 还可选配 FANUC PANEL i 人机操作界面，使用 Windows OS、Windows CE 操作系统，进行数据、文件、资料的管理；也可选择 C 语言编程功能，制作用户个性化画面。

FANUC 30i 系列 CNC 可选配 5 轴联动加工、工件坐标系设定误差补偿、工刀具端点自动控制、坐标系空间旋转倾斜面加工等用于当代高速、高精度、复合加工的先进功能。

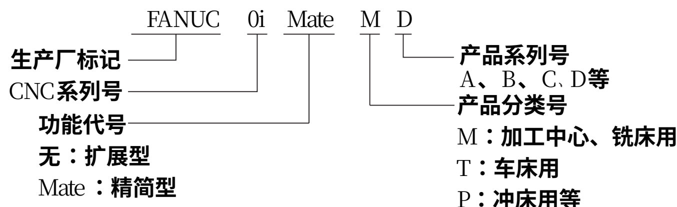
1.3.2　FS-0i 系列 CNC

1. 系列与型号

FS-0i 系列 CNC 是 FANUC 公司为 5 轴以下、大批量生产的数控机床，所开发的实用型数控系统，产品在国内外普通型数控机床上得到了极为广泛的应用。根据产品开发时间与结构，FS-0i 至今共推出了 FANUC 0i-MODEL A（FS-0iA）、FANUC 0i-MODEL B（FS-0iB）、FANUC 0i-MODEL C（FS-0iC）及最新的 FANUC 0i-MODEL D 四大系列。

根据 CNC 的功能，FS-0i 系列 CNC 有“扩展型”与“精简型”两种规格，后者需要在型号中加“Mate”，如 FS-0i Mate MC、FS-0i Mate TD 等。

FS-0i 系列 CNC 的型号一般表示方法如下：



FS-0iA、FS-0iB 与 FS-0iC、FS-0iD 的硬件与软件、结构均有较大的区别，性能依次提高，但其操作、编程方法类似。在产品结构上，FS-0iA/B 采用的是 MDI/LCD 单元与 CNC 分离型结构，CNC 单元独立安装；FS-0iC、FS-0iD 采用的是 MDI/LCD/CNC 集成一体化结构，其安装更方便、体积更小。在网络技术应用上，FS-0iA 仅 I/O 单元采用了 I/O-Link 总线链接，但 CNC 与伺服驱动器间仍使用传统电缆连接；FS-0iB/C/D 增加了 FANUC 高速串行伺服总线 FSSB，CNC 和伺服驱动器实现了总线链接。在配套驱动上，FS-0iA 只能采用电缆连接的 α 系列驱动器；FS-0iB/C/D 可采用 FSSB 总线链接的 αi/βi 系列驱动器。

精简型 FS-0i Mate 与扩展型 FS-0i 的区别，主要体现在硬件扩展和功能上，FS-0i Mate 的主板无安装扩展模块的接口，故不能增加通信接口、数据服务、附加轴控制、附加主轴控制等扩展模块，也不能选择 10.4in 彩色 LCD 显示器等部件；例如，FS-0i Mate MD 的最大控制轴数为 4 轴、而 FS-0i MD 可选择第 5 轴控制功能等。在 PMC 功能上，FS-0i Mate 的内置式 PMC 不可扩展，其 I/O 点数较少、PMC 程序容量较小，例如，FS-0i Mate D 的 PMC 最大 I/O 点为 256/256 点、程序容量 8000 步、基本指令执行时间为 1μs，FS-0i D 的 PMC 最大 I/O点为 2048/2048 点、程序容量为 32000 步、基本指令执行时间为 0.025μs 等。此外，FS-

[1] 1in = 25.4mm，后同。

0iMate 也不能选择多通道控制、同步轴控制、倾斜轴控制等特殊功能。

2. FS-0iD 的组成

FS-0iD（包括 FS-0i Mate D，下同）的基本组成可参见 1.2 节图 1.2-5。从传统 CNC 的角度看，FS-0iD 由 MDI/LCD/CNC 单元、机床操作面板、伺服驱动器、I/O 单元等部件组成。从网络控制的角度看，FS-0iD 由 MDI/LCD/CNC 单元、I/O-Link 网络、FSSB 网络组成；扩展型的 FS-0iD 还可增加以工业以太网接口，使得 CNC 成为工业以太网的从站。

（1）MDI/LCD/CNC 单元

FS-0iD 的 MDI/LCD/CNC 集成单元有图 1.3-2 所示的水平布置 8.4in LCD 和垂直布置 8.4in LCD 两种基本规格；也可选择图 1.3-2c 所示的 10.4in LCD/CNC 单元加分离型 MDI 面板的组合。

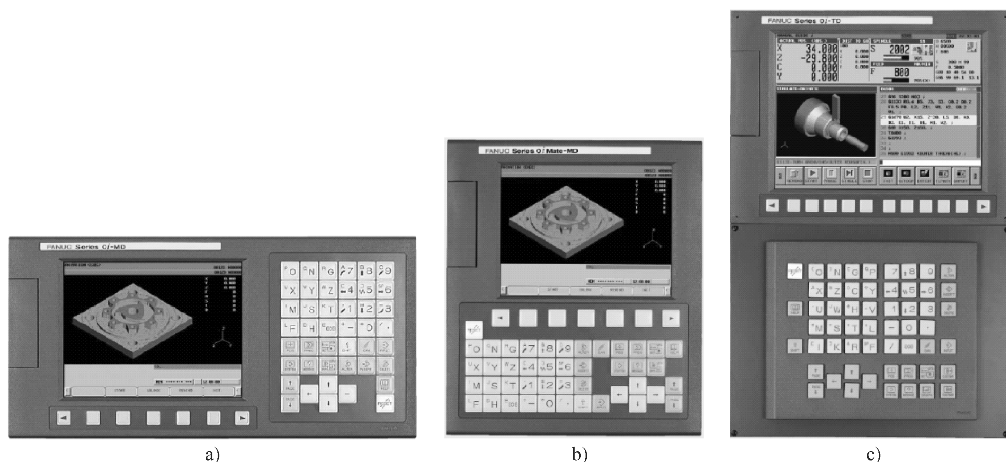


图 1.3-2 I/O-Link 从站

a）8.4in 水平布置 b）8.4in 垂直布置 c）10.4in 分离型

（2）I/O-Link 网络

I/O-Link 网络的主站（Master）为 CNC 集成的 PMC，I/O-Link 网络从站（Slave）可以选择图 1.3-3 所示的带 I/O-Link 接口的 FANUC 机床操作面板、I/O 单元、分布式 I/O 单元、βi 系列 I/O-Link 驱动器等。

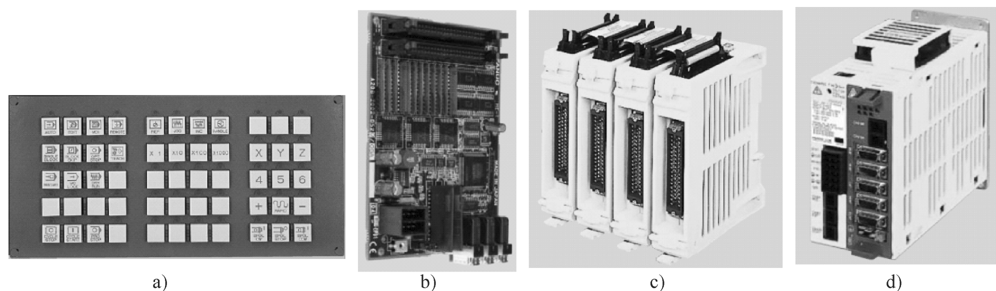
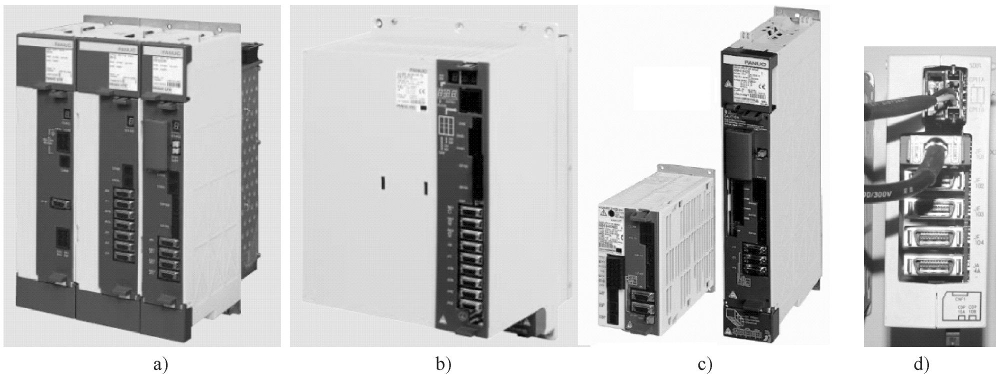


图 1.3-3 I/O-Link 从站

a）FANUC 机床操作面板 b）I/O 单元 c）分布式 I/O d）βi-I/O-Link 驱动

（3）FSSB 网络

FSSB 网络的主站就是 CNC，FSSB 从站可选择如图 1.3-4 所示的 αi/βi 系列驱动器、βi 伺服驱动器、外置式测量接口单元等。



a)　b)　c)　d)

图 1.3-4　FSSB 从站

a）αi 驱动器　b）βi 驱动器　c）βi 伺服　d）测量接口

1.3.3　FS-0iD 主要功能

FS-0iD 各规格 CNC 的主要功能见表 1.3-1，部分功能需选配相应的硬件支持，功能简要介绍如下。

表 1.3-1　FS-0iD 系列 CNC 功能简表

CNC 功能		FS-0i MD	FS-0i TD		FS-0i Mate	
			单通道	2 通道	MD	TD
基本参数	全部通道总控制轴数	单通道	—	8	单通道	单通道
	单通道最大控制轴数	5	4	5	4	3
	最大联动轴数	4	4	4+4	3	3
	最大控制主轴数	2	2	2+1	1	1
	最大 PMC 控制轴数	4	4	4+4	—	—
	最大 Cs 轴控制数	1	1	1+1	—	1
轴控制	伺服关闭	●	●	●	●	●
	主从同步控制	●	●	●	×	×
	双电机驱动控制	●	●	●	×	×
	倾斜轴控制	●	●	●	×	×
主轴控制	传动级交换	●	●	●	●	●
	线速度恒定控制	●	●	●	●	●
	定向准停控制	●	●	●	●	●
	任意角度分度定位	×	●	●	×	●
	刚性攻螺纹	●	●	●	●	●
	Cs 轴控制	●	●	●	×	●
PMC	最大 I/O 点	2048/2048	2048/2048	2048/2048	256/256	256/256
	PMC 程序容量	32000 步	32000 步	32000 步	8000 步	8000 步
	基本指令执行时间	0.025μs	0.025μs	0.025μs	1μs	1μs

注：“●”表示可以使用；“×”表示不能使用。

1. 基本参数

（1）通道控制

通道控制是用于多主轴、多单元数控机床控制的功能，它可将 CNC 分为若干个可同时运行的通道（子系统），每一通道可配置自己的进给轴和主轴，并可执行独立的加工程序，功能有时又称多系统控制或多路径控制。图 1.3-5 所示为 FANUC 系统用于多通道控制的实例，FS-0iD 系列产品中的 FS-0iTD 具有双通道控制功能，可用于双主轴车床的控制。

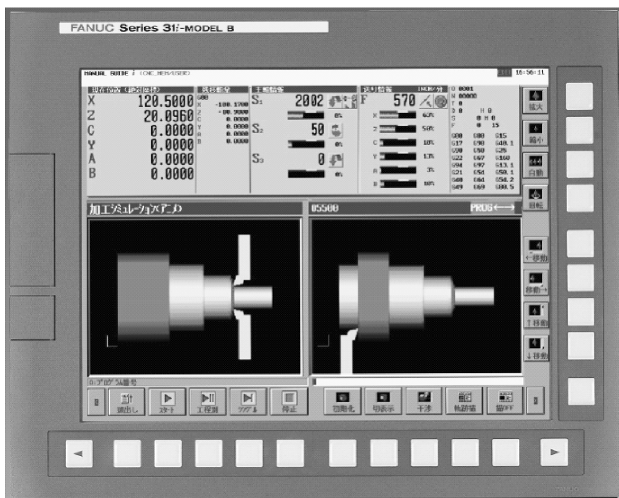


图 1.3-5　CNC 的多通道控制

（2）CNC 控制轴

CNC 控制轴是利用 CNC 进行闭环位置、速度控制，能参与插补运算的 CNC 基本坐标轴，CNC 控制轴可以是直线轴、也可以是回转轴，但必须有对应的伺服驱动器和伺服电动机。能同时参与插补运算的 CNC 基本坐标轴的数量称为联动轴数，联动轴数越多、CNC 的轮廓加工能力就越强。

（3）PMC 控制轴与辅助轴

PMC 控制轴与 PMC 控制的辅助轴是两个完全不同的概念。PMC 控制轴是指利用 PMC 进行控制的 CNC 基本坐标轴，它可通过 PMC 程序和内部 I/O 信号，代替 CNC 的操作面板和加工程序，进行位置、速度的控制。PMC 控制轴可实现 CNC 基本坐标轴的全部功能，只是其操作控制命令来自于 PMC 程序而已。PMC 控制的辅助轴是完全由 PMC 控制的辅助运动轴，它和 CNC 无任何实质性的联系，运动轴的位置、速度控制通过 PMC 和驱动器实现，所有控制命令均来自 PMC。为了能够通过 PMC 控制驱动器运行，PMC 控制的辅助轴需要有 I/O-Link 总线链接功能，故又称 I/O-Link 轴，βi 系列的 I/O-Link 驱动器可用作 PMC 控制的辅助轴，控制机械手、刀库等辅助运动。

（4）Cs 轴

Cs 轴控制亦称 Cs 轮廓控制（Cs Contouring Control），这是能够利用 CNC 控制位置、速度，并参与基本插补运算的主轴。利用 Cs 轴控制功能，可把机床的主轴转换成 CNC 控制的数控回转轴，因此，主轴可像数控回转轴一样进行手动、回参考点、定位等操作，也能参与基本坐标轴的插补，实现主轴和其他轴的进给同步。Cs 控制的主轴必须配套高精度的位置检测编码器。

2. 轴控制

（1）伺服关闭

伺服关闭是一种撤销 CNC 闭环位置控制、保留位置检测功能的控制方式。在伺服关闭状态下，驱动器的逆变管输出被直接关闭，电动机处于自由状态，故可通过机械手柄等方法移动坐标轴。伺服关闭时，CNC 的位置检测仍能够正常进行，因此，坐标轴便成为了一个

“数显轴”，当坐标轴恢复控制后，CNC 仍能够继续工作。伺服关闭通常用于定位完成后需要机械夹紧的分度工作台等，它可防止机械夹紧引起的驱动器过载。

（2）主从同步控制

主从同步控制一般用于大型立车、龙门机床或如图 1.3-6 所示的高速、高精度机床的多丝杠同步驱动，它以改善受力、提高精度为主要目的。同步控制的主动轴、从动轴都是 CNC 的基本坐标轴，主动轴可直接通过 CNC 操作面板或加工程序进行控制；从动轴只能跟随主动轴同步运动，它不能单独运动，也不能在 CNC 加工程序中对其编程。

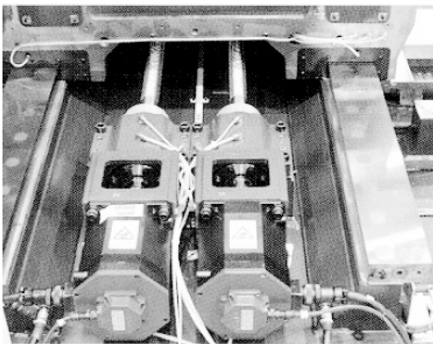


图 1.3-6　双丝杠驱动

（3）双电动机驱动

双电动机驱动适用于大型、重载机床的单丝杠、双电动机同时驱动，它以提高驱动转矩为目的。双电动机驱动的从动轴只起提供转矩的作用，CNC 不对其进行位置、速度控制，但是，由于从动轴的转矩控制需要通过 CNC 进行，因此，它需占用 CNC 的基本控制轴数。

（4）倾斜轴控制

倾斜轴控制功能是用于倾斜布置的坐标轴驱动而开发的功能。倾斜轴的运动将导致笛卡儿坐标系中的两个坐标轴产生移动，因此，需要 CNC 自动调整坐标轴位置；此外，如需要机床沿笛卡儿坐标系某一轴方向进行直线运动（如 Z 方向），则需要通过 CNC 控制倾斜轴和另一轴（如 Y 轴）的同步移动。

3. 主轴控制

（1）传动级交换

在大、中型机床上，为了提高主轴的低速输出转矩、扩大恒功率调速范围，往往需要增加机械变速机构，来满足机床对主轴的要求。例如，对于 22kW/140N · m、额定转速 1500r/min、最高转速 6000r/min 的交流主轴电机，如果采用 1∶1 和 1∶4 两级机械辅助变速，就可以获得图 1.3-7 所示的主轴输出转矩和功率曲线，其主轴低速输出转矩可提高 4 倍、恒功率调速范围由原来的 4（1500 ~ 6000r/min）扩大到 16（375 ~ 6000r/min），而主轴最高转速仍可保持 6000r/min 不变。

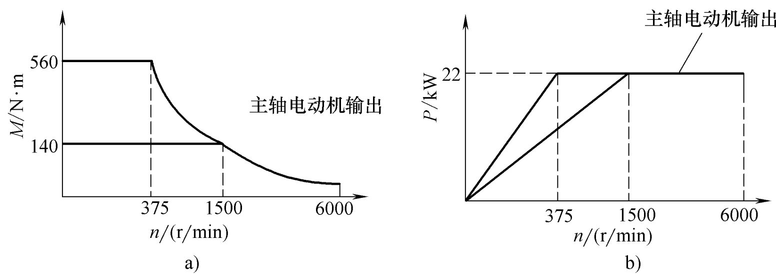


图 1.3-7　传动级交换的主轴输出特性

a）转矩　b）功率

在使用机械辅助变速后，为了保证加工程序中的 S 指令和实际主轴相符，就必须自动改变主轴电机的转速，如对于 S1200 指令，1∶1 传动时的电机转速应为 1200r/min，1∶4 传动时

的电动机转速必须提高到 4800r/min。为此，CNC 需要控制主轴电动机按照实际机械传动比，自动改变转速，这一功能称为传动级交换功能。

（2）线速度恒定控制

线速度恒定控制功能多用于数控车床，为了提高工件表面的加工质量，对于同样的刀具和材料，车削加工时应保证其切削速度不变。因此，车削加工时需要根据工件的实际半径，自动改变主轴转速，使图 1.3-8 所示的主轴转速与加工半径的乘积——即切削速度保持不变，这一功能称为线速度恒定控制功能。为防止加工半径很小时，主轴转速的无限制提高，线速度恒定控制时，需要通过主轴最高转速限制功能限制最高转速。

（3）定向准停

定向准停（Spindle Orientation）是控制主轴准确地停止在某一固定方向的功能，功能用于自动换刀时的刀具啮合和精密镗孔加工时的自动让刀。为了传递转矩，镗铣刀具与主轴的啮合通常通过图 1.3-9 所示的“键”进行，故自动换刀时必须保证刀具的键槽和主轴键的相对位置，才能进行刀具装卸。此外，在精密镗孔加工时，为了消除退刀痕，也需要通过定向准停，将镗刀的刀尖定位到固定方向，然后通过反向退出刀具，来消除退刀痕。主轴定向准停也可直接通过主轴驱动器实现。

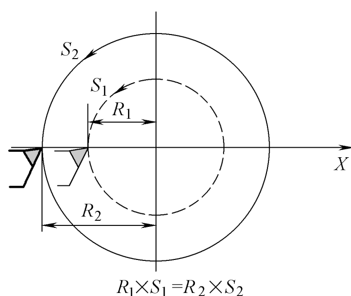


图 1.3-8　线速度恒定控制

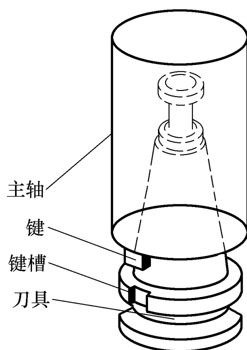


图 1.3-9　主轴定向准停

（4）分度定位

主轴分度定位（Spindle Positioning）是一种主轴定位控制功能，它可通过 CNC 加工指令（M 或 C、H 代码），控制主轴在 360°范围内的任意位置定位停止。功能多用于车削中心，以便通过动力刀具实现回转体侧面或端面的钻、铣、镗加工。只具有分度定位功能的主轴不能参与坐标轴的插补运算，这是它和 Cs 轴控制的区别。

（5）刚性攻螺纹

刚性攻螺纹（Rigid tapping）是攻螺纹进给轴（通常为 *Z* 轴）与主轴转角保持同步的切削进给控制。刚性攻螺纹可直接使用与刀柄刚性连接的丝锥，实现高速、高精度的螺纹加工。刚性攻螺纹功能生效时，攻螺纹进给轴将跟随主轴的角度同步进给，主轴转速变化时，进给轴自动调整进给速度，严格保证主轴每转所对应的进给量为 1 个螺距。

第2章 FS-0iD编程基础

2.1 程序的基本概念

2.1.1 程序的组成

1. 程序与编程

数控机床是一种根据加工程序，进行高效、自动加工的设备。为了使 CNC 能根据零件加工的要求，控制机床动作，必须将这些要求以 CNC 能够识别的指令告知 CNC，这些指令的集合称为数控加工程序，简称程序。编写程序的过程称为编程。

加工程序不仅关系到能否加工出合格的零件，而且还影响到加工精度、加工效率，甚至设备的安全。理想的加工程序，不仅要保证加工零件符合图样要求，且还应充分利用 CNC 功能，使加工程序简洁、高效。

编程方法有手工编程和自动编程两种。所谓手工编程，是指从分析图样、确定工艺、计算坐标、编制程序、输入程序、校验程序等全部工作都通过人工完成。手工编程不需要专门设备，程序容易阅读和检查，但对于轮廓复杂的工件，其轨迹的计算会十分困难与费时，因此，它适合于加工批量大、轮廓简单的零件加工。

所谓自动编程，是指程序编制的大部分或全过程都由计算机完成。自动编程可以解决手工编程无法完成的复杂零件轨迹计算，适合于复杂零件的编程。自动编程的方法主要有语言式和图形交互式两种，前者是以高级语言表示全部加工内容，计算机通过批处理一次性处理、生成加工程序；后者是通过人机对话，利用 CAD/CAM 功能自动生成加工程序。为了提高编程效率，先进的 CNC 中一般都具备对话式编程、引导编程、蓝图（轮廓）编程等功能。

2. 程序字与格式

程序字又称指令代码，它是组成程序的基本单位。在 CNC 上，把程序中的英文字母和字符，如 X、Y、Z、A、B、C、% 等，称为地址；将数字 0 ~ 9 和小数点、+/-号称为数字；地址和数字的组合称为程序字。通常而言，不同地址代表不同类指令，后缀的数字用来区分同类指令。

程序字的使用需要注意以下几点：

1）程序字是程序的本单位，一般来说，程序中不应该（或不允许）使用单独的地址或数字；程序字中的字母与数字的先后次序不可颠倒。

2）CNC 对程序字的格式有规定的要求，这一格式称为 CNC 的输入格式，CNC 无法识别不符合格式要求的代码。表 2.1-1 所示为 FS-0iD 的输入格式一览表，这一格式对于 FS-0iD 的所有规格都适用。

表 2.1-1 FS-0iD 输入格式一览表

地　址	作用和功能	输入范围
O 或%	程序号	1 ~ 9999
N	程序段号	1 ~ 99999
G	准备机能代码	00 ~ 99(有特殊情况)
X/Y/Z/A/B/C/U/V/W/I/J/K/R	坐标位置(mm)	-999999.999 ~ +999999.999
F	进给速度(mm/min 或 mm/r)	0.001 ~ 999000
S	主轴转速(r/min)	0 ~ 99999
T	刀具功能	0 ~ 9999 9999
M	辅助功能	0 ~ 9999 9999
P	暂停时间(s)	0 ~ 999999.999
	循环次数或子程序号	1 ~ 9999(子程序号);1 ~ 999(循环次数)
#	宏程序变量	0 ~ 99999

使用时应注意，表 2.1-1 中的输入范围只是 CNC 允许的范围，它不是机床实际可达到的参数，故编程时必须根据机床的工作台移动范围、刀具数、最高主轴转速、快进速度等，来确定程序参数的范围。

3. 程序的组成

以下是一段最简单的 FS-0iD 加工程序。

```
O0001;
N1 G00 G90 G80 G54;
N2 S800 M03;
N3 G00 X100.0 Y100.0;
N4 Z-100.0;
N5 G01 Z-120.0 F100;
N6 G00 Z0;
N7 M30;
```

从该程序可见，程序以 O0001 开头、M30 结束，每一行以“;”作为分行标记。这里的 O0001 称为程序号；M30（或 M02）称为结束标记；每一行程序代表一条独立的指令，称为一个程序段。程序号、结束标记、程序段是加工程序的三要素。

（1）程序号

程序号是加工零件的代号，它应位于程序的开始位置，并占一单独的程序段。程序号可由地址 O 或% 后缀若干位数字组成，在部分 CNC 中，程序号还可直接用文件名（如%TEST1 等）代替。在同一 CNC 中，程序号不可重复。

在 FS-0iD 上，程序号 O9999、O-9999、O0000 等通常用于换刀、工作台交换等特殊动作的控制，这些程序一般由机床生产厂家编制，机床用户应尽量避免使用。

（2）结束标记

程序结束标记代表着一个加工程序的结束，它应位于程序的最后，并占一单独程序段。主程序的结束标记用辅助机能代码 M02 或 M30 表示，子程序的结束标记用 M99 表示。

（3）程序段

程序段是加工程序的主体，其长度和数量原则上只受 CNC 存储器容量的限制。程序段由 N 及后缀的数字——顺序号或程序段号开头、以 CR 或 LF 结束，实际使用时，一般以符号“;”来表示 CR 或 LF。

一个完整的加工程序段，除程序段号、结束标记外，其主体部分应具备图 2.1-1 所示的基本数据，即为了将刀具从 P_1 点移到 P_2 点，必须在程序段中明确以下几点：

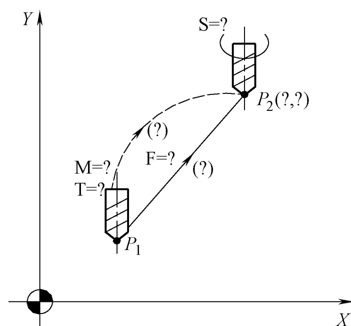


图 2.1-1　程序段的基本组成

1）移动的目标是那里？——终点坐标。

2）沿什么样的轨迹移动？——准备机能。

3）移动速度要多快？——F 代码。

4）选择哪一把刀移动？——T 代码。

5）切削速度是多少？——S 代码。

6）机床还需要辅助哪些动作？——M 代码。

如对于程序段：

N10 G90 G01 X100.0 Y100.0 F100 S300 T01 M03；

其移动目标为 X100、Y100；移动轨迹为直线（G01 插补）；移动速度为 100mm/min（F100）；刀具为 1 号刀（T1）；主轴转速为 300r/min（S300，切削速度 $V=\pi D\cdot S$，D 为刀具或工件直径）；机床辅助动作为主轴正转（M03）。

在实际加工程序中，对于复杂的轮廓运动，有时还需要更多的参数，如

N5 G91 G02 X100.0 Y100.0 I50.0 J0 F100 S300 T1 M03；等。

程序段中的程序字排列次序一般应为 N、G、X/Y/Z、插补参数、F、S、T、M。其中，用来确定运动轨迹的准备机能代码 G，在一个程序段中可能有多个；但其他代码一般都只编写一个，以提高程序的可靠性。

程序段号在程序中只起到指示跳转、检索位置的作用，它在同一程序内原则上不应重复使用。程序段号不一定按从小到大的次序编写，也可省略，省略段号的程序段不能作为跳转或检索的目标位置。

为了便于对程序段的执行进行控制，N 号前面还可加符号/、/1～/8，如“/ N100 G00 X100 Y100;”这样的程序段称为可跳过程序段，它可通过操作面板控制 CNC 的“程序段跳过”信号，选择正常执行或是忽略（跳过）这些程序段。

4. 模态代码

根据以上程序段的要求，为保证动作的正确执行，每一程序段都需要有终点坐标、准备机能、F/S/T/M 代码等，这样必将出现大量指令的重复，使程序十分冗长。为此，在 CNC 中规定了这样一些代码指令：它们在某一程序段上执行后，可一直保持有效，直到被撤销，这些代码称为模态代码或模态指令。反之，仅在编入的程序段中有效的代码，则称为单段有

效代码或单段有效指令。

模态代码和单段有效代码有 CNC 生产厂家规定，一般而言，绝大多数 G 代码及所有坐标位置代码、S/F/T/M 代码均为模态代码。

5. 代码分组和开机默认

模态代码大大简化了加工程序，但由于它持续有效，故必须有相应的撤销指令，因此，需要进行代码分组。所谓代码分组，就是将 CNC 不可能同时执行的代码指令归为同一组，这样的代码有相互取代的作用，以此来改变模态代码的状态。同组代码在一个程序段中只能有一个生效，一般而言，编入两个以上同组代码时，最后输入的代码有效；但不同组代码在程序段中可编入多个。

为了防止编程时的遗漏，CNC 也像计算机一样，在每组的模态代码中选择一个，作为开机默认代码，此代码在开机或 CNC 复位时可自动生效。这些代码在开机或复位状态下执行加工程序时，即使在程序中没有编写，也同样有效。

FS-0iD 的模态代码、单段有效代码、代码分组、开机默认代码可参见本书第 3 章和第 4 章。

2.1.2 子程序编程

1. 子程序

加工程序分为主程序和子程序两种。主程序是零件加工程序的主体部分，它是一个完整的零件加工程序，不同的加工零件都有唯一的主程序。为了简化编程，可将程序中的重复动作编写成独立的程序，这些程序可通过主程序指令进行调用，故称为子程序。

子程序的组成与结构和主程序无本质区别，但在使用上具有以下特点：

1）子程序可被任何主程序或其他子程序调用，且可多次循环执行。

2）主程序所调用的子程序，也可再调用其他子程序，这一功能称为“子程序嵌套”。

3）子程序执行结束后，可自动返回到调用的程序中。

4）子程序一般只能实现重复加工动作，故通常不能作为独立的加工程序使用。

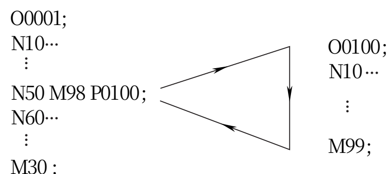
2. 子程序调用

在 FS-0iD 中，子程序号也由 O 后缀数字组成，但其结束标记使用 M99，以便实现自动返回功能。子程序调用可通过辅助机能 M98 代码进行，在 M98 指令中，子程序号由地址 P 规定。

FS-0iD 的子程序调用可以使用以下两种格式：

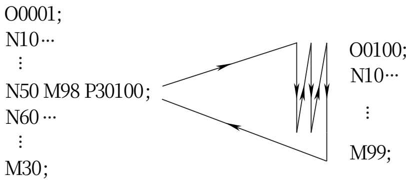
格式 1：M98 P□□□□；

其作用是调用子程序 O□□□□一次。如“N15 M98 P0100;”为调用子程序 O0100、并执行一次，子程序号的前 0 可省略，即上述指令也可以写成“N15 M98 P100;”。指令“M98 P□□□□;”的动作如下。



格式 2：M98 P××××□□□□；

其作用是调用子程序 O□□□□多次，地址 P 后缀的数字前四位××××代表调用次数，后四位□□□□代表子程序号，调用次数的前 0 可以省略，但子程序号□□□□的前 0 不能省略。如“N15 M98 P30100；”为调用子程序 O0100 三次，而“N15 M98 P3100；”则表示调用子程序 O3100 一次。指令“N15 M98 P30100；”的动作如下：

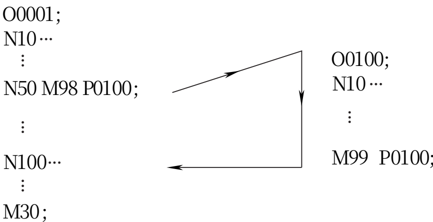


在 FS-0iD 上，还可通过特定的 M 代码、T 代码直接调用子程序，这种子程序多用于自动换刀、工作台交换等特殊动作，使用时应参照机床使用说明书进行。

3. M99 的使用

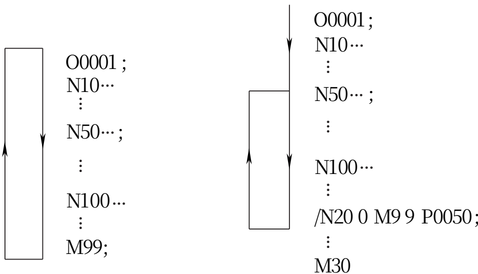
子程序返回指令 M99 可使子程序在执行完成后，自动返回到主程序的调用段，但也可根据需要选择如下特殊编程方式。

1）返回到指定程序段：如子程序使用“M99 P□□□□;”结束，则在子程序执行完成后，将返回到主程序的 N□□□□程序段，其动作如下：



上述程序中，子程序 O0100 一旦执行完成，将直接返回到主程序的 N100 段，程序段 N50～N100 将被跳过。

2）主程序使用 M99 结束：主程序结束也可使用 M99 指令，如果在程序的最后用 M99 代替 M30 或 M02，主程序将进入无限循环；如在程序中间使用 M99 P□□□□指令，主程序将在程序段 N□□□□到 M99 段之间无限循环。两种情况的程序执行过程如下：



为避免程序陷入无限循环，主程序上的 M99 指令一般可结合跳过程序段“/”使用，在上述程序中，当程序段跳过功能无效时，主程序将在 N50～N200 间循环；当程序段跳过功能生效时，主程序正常结束。

2.2 坐标系的建立与选择

2.2.1 机床坐标系与参考点

1. 坐标系

为了能够通过加工程序中指定刀具运动，数控机床的刀具位置、移动轨迹都需要以笛卡儿坐标值、函数的形式描述，因此，编程时必须首先确定机床的坐标轴、方向和原点，建立坐标系。

根据标准规定，数控机床的坐标系采用右手定则的笛卡儿坐标系，坐标轴的方向应符合图 2.2-1 所示的规定。图中的直线轴、回转轴的方向均是刀具的运动方向，如机床的刀具固定、工件运动时，工件的运动方向应与图示的方向相反。

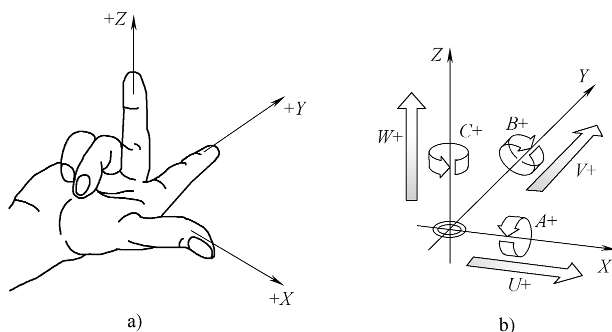


图 2.2-1 数控机床的坐标系
a）直线轴 b）回转轴

2. 坐标轴和方向

数控机床的坐标轴和运动方向的规定如下：

1）Z 轴。刀具在主轴轴线平行方向上的运动为 Z 轴，刀具远离工件的方向为 Z 轴正向，如机床有多个主轴或无主轴，则以垂直工件安装面的轴为 Z 轴。

2）X 轴。刀具沿工件安装平面的主要运动为 X 轴，它与 Z 轴垂直、平行于工件安装面。在数控车床、磨床等工件回转的机床上，刀具沿工件的轴向运动为 Z 轴、径向运动为 X 轴，刀具远离工件的方向为正向。

3）Y 轴。在 Z、X 轴确定后，通过右手定则确定。

4）回转轴。绕 X 轴回转的坐标轴为 A、绕 Y 轴回转的坐标轴为 B、绕 Z 轴回转的坐标轴为 C，方向通过右手螺旋定则决定。

5）附加轴。平行于 X 轴的直线运动轴为 U；平行于 Y 轴的直线运动轴为 V；平行于 Z 轴的直线运动为 W；U、V、W 轴的方向与 X、Y、Z 轴一致。

图 2.2-2 所示为几种常见数控机床的坐标轴和方向示意图。

3. 坐标原点和参考点

坐标轴和方向确定后，只要确定坐标原点，就能建立坐标系。数控机床的坐标系有两种，一是原点固定的机床坐标系，二是原点可变的工件坐标系；前者决定机床参数，后者为了方便编程，两者的坐标轴名称和方向相同，但原点位置可以不同。

机床坐标系原点位置由机床生产厂家决定，它需要通过“回参考点”操作建立，这就是说，只有在具备“回参考点”功能的机床上，才能建立机床坐标系。出于自动换刀、工作台交换等的控制需要，部分数控机床可能有第 2、第 3、第 4 参考点，这些参考点只是为了进行自动换刀、工作台交换而设定的固定位置，它们与建立机床坐标系无关，且只能在机

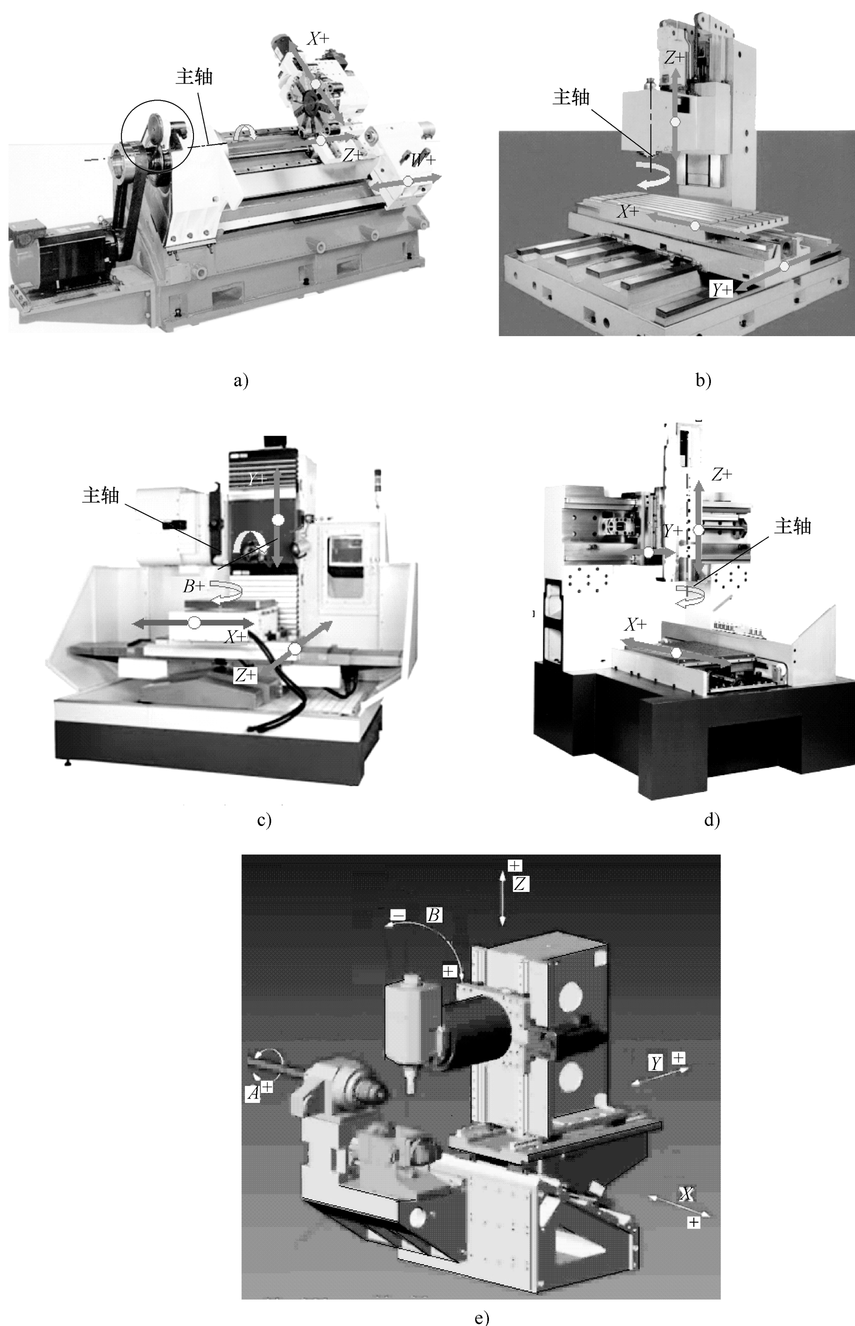


图 2.2-2　常见机床的坐标系

a）数控车床　b）立式数控镗铣床　c）卧式数控镗铣床　d）龙门数控镗铣床　e）5 轴加工机床

床坐标系建立后才能使用。

参考点是确定机床坐标系原点的参考位置，通过回参考点操作，可使坐标轴运动到参考点并精确定位，CNC 将以参考点为基准，自动设定机床坐标原点。通过回参考点操作建立的机床坐标系具有如下特点：

1）如不改变参考点位置，机床坐标系原点固定不变，因此，机床的软件限位、加工区保护、自动换刀等，都需要以机床坐标系为基准。因此，执行回参考点操作、建立机床坐标系，通常是程序自动运行的前提条件。

2）机床坐标原点可以和参考点重合、也可以是离参考点固定距离的点，可以在机床的运动范围之内、也可以在运动范围之外，其位置可通过 CNC 参数设定。

3）机床坐标原点不能通过编程指令改变，如果使用绝对编码器，CNC 断电后，原点仍然就可保持不变，因此，这样的机床不需要在每次开机时，执行回参考点操作。

4）无“回参考点”功能的经济型、普及型数控机床不能建立机床坐标系，这些机床只能设定工件坐标系。

4. 机床坐标系的选择

通过回参考点操作建立的机床坐标系，可用 G53 指令选择，指令格式如下：

G53 X $\underline{\quad x \quad}$ Y $\underline{\quad y \quad}$ Z $\underline{\quad z \quad}$;

执行指令可将刀具移动到机床坐标系的（x、y、z）点上。G53 指令只能在机床坐标系建立后才能使用，指令中的 x、y、z 应采用绝对编程（G90）。G53 为单段有效指令，如后续的指令中不再编写 G53，将回到原来的工件坐标系上。执行 G53 指令将自动撤销刀具补偿。

2.2.2　G27～G30 指令与编程

出于安全的考虑，在使用增量编码器的数控机床上，开机后一般需要通过手动回参考点操作，首先建立机床坐标系。在此基础上，可以通过 G27～G30 指令进行如下编程。

1. 自动回参考点

FS-0iD 最多可以设定 4 个参考点，第 1 参考点用来确定机床坐标系原点，它可通过手动回参考点操作或 G28 指令进行定位；第 2～4 参考点可以在机床坐标系建立后，通过 G30 指令进行定位；参考点的位置需要通过 CNC 参数 PRM1240～1243 进行设定。

回第 1 参考点的指令格式如下：

G28 X $\underline{\quad x_1 \quad}$ Y $\underline{\quad y_1 \quad}$ Z $\underline{\quad z_1 \quad}$;

回第 2～4 参考点的指令格式如下：

G30 P $\underline{n}$ X $\underline{\quad x_1 \quad}$ Y $\underline{\quad y_1 \quad}$ Z $\underline{\quad z_1 \quad}$;

指令中的 x_1、y_1、z_1 给定的是回参考点时，刀具需要经过的中间点坐标值，n 为参考点编号，第 2、3、4 参考点分别为 2、3、4。设置中间点的目的是规定回参考点最后阶段的运动轨迹，防止机床回参考点时的碰撞。

执行 G28、G30 指令，刀具先从现行位置快速向中间点运动，然后再从中间点快速向参考点运动，定位完成后，CNC 可输出“参考点到达”信号。G28/G30 指令的动作如图 2.2-3 所示，G30 指令只是参考点位置不同，其动作和 G28 相同。

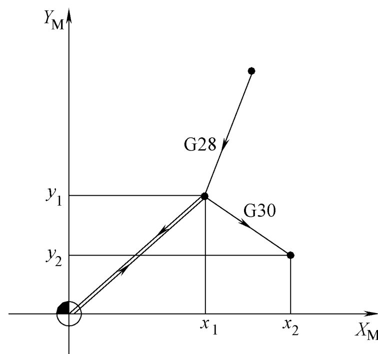


图 2.2-3　G28/G30 指令动作

G28/G30 指令编程需要注意以下几点：

1）执行 G28/G30 指令将自动撤销刀具补偿。

2）G28/G30 指令的中间点位置具有模态功能，因此，执行上述 G28 指令后，在后续的 G28 中可以不再指

令中间点；或者只指定需要改变中间点的坐标轴位置。

3）G30 原则上应在机床坐标系建立后使用。

4）中间点的坐标值可用绝对或增量编程的方式指定。

2. 从参考点返回

通过 G29 指令，可以使刀具从参考点返回到加工区域，指令格式如下：

G29 X $\underline{x_2}$ Y $\underline{y_2}$ Z $\underline{z_2}$；

指令中的 x_2、y_2、z_2 是刀具返回点的坐标值。执行 G29 指令的动作过程可参见图 2. 2-3，刀具先从参考点快速向 G28/G30 指令指定的中间点运动，然后再从中间点快速向程序段指定的终点（x_2、y_2、z_2）运动，G29 指令只能执行了 G28/G30 指令后使用。

如果在增量编程有效时使用 G29 指令，目标点的位置应是终点相对于中间点的增量值。

3. 参考点检查

利用指令 G27，可将刀具快速移动到指定点，并对定位点进行参考点检查，如果定位点是参考点，CNC 输出“参考点到达”信号，否则显示 P/S 092 报警。

G27 指令的格式如下：

G27 X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$；

指令中的 x、y、z 是刀具终点坐标值。

2. 2. 3　工件坐标系的建立与选择

1. 工件坐标系

建立工件坐标系的目的是为了方便程序编制。由于加工程序的编制需要根据零件图进行，为了便于计算、检查尺寸，一般希望能程序的坐标原点和零件图的尺寸基准统一。

由于机床坐标系的原点由机床生产厂家设定，因此，它很难做到与零件图的尺寸基准一致，为此需要根据零件图，重新建立新的编程坐标系，这一坐标系称为工件坐标系，亦称图纸坐标系。

为了便于变换零件或进行多零件的同时加工，CNC 允许建立多个工件坐标系，不同工件坐标系可以同时存在于机床，加工时可通过不同的指令进行工件坐标系的变换。

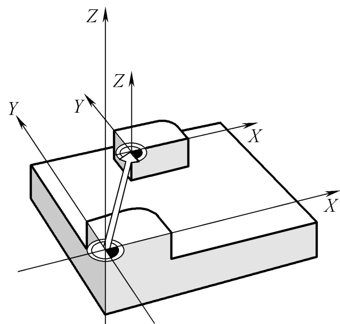


图 2. 2-4　工件坐标系

如图 2. 2-4 所示，工件坐标系和机床坐标系的坐标轴和方向必须统一，但原点可不同。建立工件坐标系就是要确定工件坐标系原点在机床坐标系上的位置。

2. 工件坐标系的建立

FS-0iD 建立工件坐标系的方法有以下两种：

1）对于无回参考点功能、不能建立机床坐标系的经济型、普及型数控机床，可通过手动操作，将刀具移动到特定的基准位置（对基准），然后以该点为基准，通过 G92 或 G50 指令，指定该点的坐标值，以此来建立工件坐标系。

2）对于有机床坐标系的数控机床，既可以通过上述方法，利用对基准操作和 G92 或 G50 指令，建立工件坐标系；也可以直接设定工件坐标系原点在机床坐标系上的位置（称为零点偏置），直接建立 G54 ~ G59 或 G54. 1 工件坐标系。

利用 G92 或 G50 设定的工件坐标系原点是"浮动"零点，它可根据需要随时改变，原点位置在 CNC 断电后一般不能记忆，故适合于单件加工。通过零点偏置设定的 G54 ~ G59 工件坐标系原点固定不变，CNC 断电后可以保持，在程序中可根据需要选用和转换，故适合于批量加工。

3. G92/G50 工件坐标系设定

工件坐标系原点可通过 G92 或 G50 指令进行设定，指令 G92 用于镗铣类数控机床（FS-0iMD）或数控车床（FS-0iTD）的编程代码体系 B、C，G50 用于数控车床（FS-0iTD）的编程代码体系 A，两者的使用方法、功能相同，指令格式如下：

G92 X $\underline{x_0}$ Y $\underline{y_0}$ Z $\underline{z_0}$；或：G50 X $\underline{x_0}$ Z $\underline{z_0}$；

G92 或 G50 指令编程应注意以下几点：

1）G92、G50 指令应在刀具完成基准位置定位后使用，指令中的 x_0、y_0、z_0 是刀具现在位置（基准点）在所建立的工件坐标系上的坐标值，工件坐标系的原点要根据刀具现在位置、坐标值倒过来推出。

2）执行 G92、G50 指令，实质上是强制设定了 CNC 的当前位置值，因此，机床并不产生运动。

例如，如图 2.2-5 所示，假设执行 G92 指令前，刀具在基准点定位后，CNC 的位置显示为（400，500），如在该点执行指令"G92 X200.0 Y250.0;"，其结果是机床不产生运动；但坐标系的原点被强制设定到点 O_1，原来的原点 O_0 被撤销；CNC 的现行坐标值自动变成为（200，250）。

3）G92/G50 为单段有效指令，但所设定的工件坐标系保持，执行指令后的坐标值均为新工件坐标系的位置值。

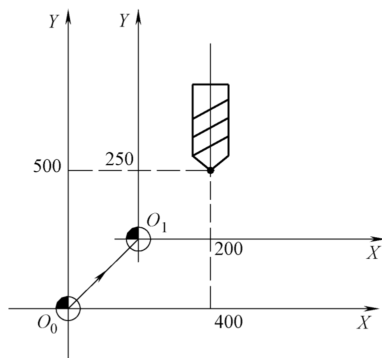


图 2.2-5　G92/G50 工件坐标系设置

4. G54 ~ G59 工件坐标系设定

G54 ~ G59 工件坐标系原点设定，一般通过如图 2.2-6 所示的 MDI 操作进行。通过输入不同的零点偏置值，可在机床上建立 G54 ~ G59 六个不同的工件坐标系。

所谓零点偏置就是工件坐标系原点在机床坐标系中的位置，修改零点偏置值即可改变工件坐标系原点。如图 2.2-7 所示，如果是在 G55、G56 工件坐标系上分别输入零点偏置（x_1，y_1）、（x_2，y_2），便可以建立图示的工件坐标系 G55、G56。

在 FS-0iD 上，零点偏置值也可通过后述的指令"G10 L2 P n X $\underline{x_0}$ Y $\underline{y_0}$ Z $\underline{z_0}$;"输入，零点偏置一经输入，只要不进行修改、删除，便可永久存在，所设定的工件坐标系也将保留。

5. 工件坐标系选择

利用 G92/G50 设定的工件坐标系为临时坐标系，它在执行 G92/G50 指令后即生效，无需利用其他编程指令进行选择。

利用零点偏置所建立的工件坐标系 G54 ~ G59，需要用指令 G54 ~ G59 进行选择。以 G54 为例，指令的格式如下：

G54 X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$；

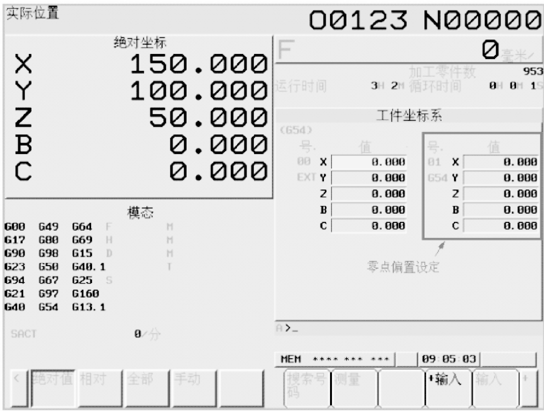


图 2.2-6　零点偏置设定页面

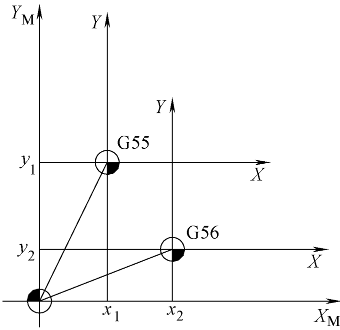


图 2.2-7　G54 ~ G59 工件坐标系设置

执行指令可将刀具移动到工件坐标系 G54 的（x、y、z）点上，如果选择其他工件坐标系，只需将指令中的 G54 换成 G55 ~ G59 即可。

G54 ~ G59 属于同组 G 代码，指令模态有效，因此，G54 ~ G59 工件坐标系在程序中可根据随时进行转换，但任意时刻只能是其中之一生效。

例如，假设 G55、G56 的零点偏置值分别为（100，200）、（200，80），执行以下程序段，刀具的移动轨迹如图 2.2-8 所示。

N1 G00 G90；

N2 G55 X50.0Y100.0；

N3 G56 X50.0 Y50.0；

N4 G55 X－60.0 Y－100.0；

N5 G53 X0 Y0；

图 2.2-8 中的 X_M、Y_M 为机床坐标系，程序中的 G00 为快速移动指令、G90 为绝对编程（详见后述）。

6. 扩展工件坐标系

对于镗铣类加工机床，由于工件种类多、安装灵活，为了满足多品种、小批量或多零件加工的需要，FS-0iMD 系列 CNC 可在 G54 工件坐标系的基础上，增加 48 个扩展工件坐标系。扩展工件坐标系的原点设定方法与 G54 ~ G59 相同，零点偏置值也可通过后述的指令“G10 L20 P $\underline{n}$ X $\underline{x_0}$ Y $\underline{y_0}$ Z $\underline{z_0}$；”指令输入。

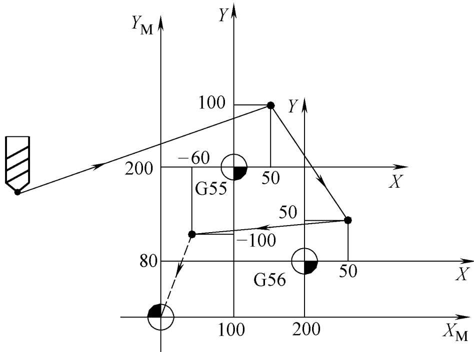


图 2.2-8　工件坐标系的转换

FS-0iMD 扩展工件坐标系可用指令 G54.1 或 G54 选择，指令格式如下：

G54.1 P $\underline{\quad n \quad}$ X $\underline{\quad x \quad}$ Y $\underline{\quad y \quad}$ Z $\underline{\quad z \quad}$；或：

G54 P $\underline{\quad n \quad}$ X $\underline{\quad x \quad}$ Y $\underline{\quad y \quad}$ Z $\underline{\quad z \quad}$；

n 为扩展工件坐标系序号，可输入 1 ~ 48。

7. 局部坐标系

为了方便使用，FS-0iD 可在 G54 ~ G59 工件坐标系的基础上，利用指令 G52 创建一个子坐标系，这一子坐标系称为局部坐标系。局部坐标系只是对工件坐标系的补充，设定局部坐标系并不能改变原有的工件坐标系、机床坐标系的原点位置。

局部坐标系的原点可直接如下指定：

G52 X <u>x</u> Y <u>y</u> Z <u>z</u>；

指令中的 x、y、z 为局部坐标系的原点在现行工件坐标系上的位置，它不考虑刀具补偿的影响。

局部坐标系一旦建立，只要不进行撤销或修改，在后续的程序中将保持有效。

局部坐标系可通过以下指令撤销：

G52 X <u>0</u> Y <u>0</u> Z <u>0</u>；

以上指令实际上是将局部坐标系的原点重新设定到了工件坐标系原点上，相当于撤销了局部坐标系。此外，执行手动回参考点操作，或进行 CNC 复位（需要设定 CNC 参数），也可以清除已设定的局部坐标系。

2.3 编程单位及选择

2.3.1 位置单位与绝对/增量编程

CNC 机床的刀具运动轨迹，在程序中以坐标值的形式指令，如 X100.0 等。由于 X100 既可以是 X 轴坐标为 100 的点，也可以是 X 需要运动 100 的距离；数值 100 既可代表 100mm，也可代表 100in；因此，在程序中必须明确坐标值的单位和指定方式。

1. 公/英制选择

在 FS-0iD 上，直线运动轴可通过指令 G21/G20 或 G70/G71（仅 FS-0iTC 代码体系 C）选择公/英制尺寸。G20 或 G70 有效时，选择英制尺寸；G21 或 G71 有效时，选择公制尺寸。例如，指令 G20 X10.0，其数值 10 代表 10 英寸（254mm）；指令 G21 X10.0，其数值 10 代表 10mm 等。

公/英制的选择将影响到进给速度、刀具补偿、工件坐标系零点偏置等相关尺寸的单位，因此，该指令应在程序的起始阶段编程；此外，在同一加工程序中也不能（不宜）进行公/英制单位的转换。

公/英制转换将自动改变 CNC 的程序输入单位，例如，对于输入单位设定为 0.001mm 的 CNC，若转换到英制编程，程序中的坐标值输入单位将自动变为 0.0001in（0.00254mm）。

公/英制转换指令 G21/G20 或 G70/G71 只能改变加工程序的位置单位，它并不能改变 CNC 参数的位置单位。

公/英制选择指令对回转轴无效，回转轴的单位固定为度（°）。

2. 小数点输入

在大多数 CNC 机床上，小数点有特殊的含义，它可以改变坐标值和暂停时间的单位。CNC 的小数点输入方式一般可通过 CNC 参数选择，不带小数点和带小数点的数值在程序中

可以混用。

当 CNC 使用普通小数点输入方式时，如果程序中的数值不带小数点，它将以 CNC 的最小输入单位，如 0.001mm、0.0001in、0.001°作为数值单位，程序中的 X10 代表 0.01mm 或 0.001in，0.01°。数值加小数点后，将以基本单位 mm、in、°作为数值单位，程序中的 X10.0 代表 10mm 或 10in、10°。

当 CNC 使用计算机小数点输入方式时，不带小数点的数值将以基本单位 mm、in、°作为输入单位，即 X10、X10.0 都代表 10mm 或 10in、10°；而 0.01mm 必须以 X0.01 的形式指定。

因此，为了确保程序的正确性，建议不论 CNC 选择了何种小数点输入方式，在程序中最好都加小数点，因为，X10.0、X0.01 总是可以明确表示 10mm 和 0.01mm。

3. 绝对/增量编程

加工程序上的坐标轴终点位置指定有绝对和增量两种编程方式。绝对编程是通过坐标值指定目标位置的编程方法，它是以坐标原点为基准的绝对位置值；增量式编程是直接给定移动距离指定目标位置的编程方法，它是以刀具现在位置为基准的相对移动量。

绝对/增量编程方式可通过指令 G90/G91 选择，或通过改变地址选择；前者可以用于镗铣床控制的 FS-0iMD、车床控制的 FS-0iTD 代码体系 B 和 C；后者用于 FS-0iTD 代码体系 A。通过改变地址选择绝对/增量编程时，如果程序中的位置以地址 X、Z 给定，代表绝对编程；如果程序中的位置以 U、W 给定，代表增量编程。绝对/增量编程在程序中混用。

以图 2.3-1 所示、刀具从起始点 P_1，移动到 P_2、P_3 点的快速定位（G00）为例，采用 G90/G91 编程时的程序如下：

绝对：N1 G00 G90 X500.0 Z400.0；
　　　N2 　　　　 X280.0 Z520.0；
增量：N1 G00 G91 X340.0 Z250.0；
　　　N2 　　　　 X－220.0 Z120.0；
混合：N1 G00 G90 X500.0 Z400.0；
　　　N2 G91 X－220.0 Z120.0；

三者的效果相同。

采用 FS-0iTD 代码体系 A 编程的程序如下：

绝对：N1 G00 X500.0 Z400.0；
　　　N2 　　 X280.0 Z520.0；
增量：N1 G00 U340.0 W250.0；
　　　N2 　　 U－220.0 W120.0；
混合：N1 G00 X500.0 Z400.0；
　　　N2 　　 U－220.0 W120.0；

三者的效果相同。

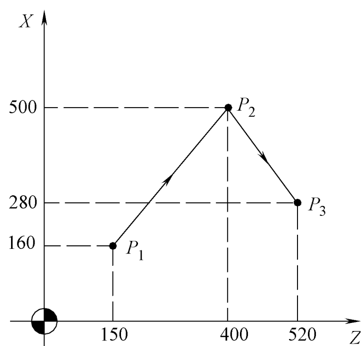


图 2.3-1　绝对/增量编程

2.3.2　速度单位及选择

1. 进给速度

CNC 加工程序的刀具运动速度同样需要确定单位。FS-0iD 可选择每分钟进给和主轴每

转进给两种进给速度单位，其指定方法如下。

G94 F ___*f*___；或：

G98 F ___*f*___；（仅 FS-0iTD 代码体系 A）

每分钟进给，直线轴的进给速度单位为 mm/min 或 in/min；回转轴的进给速度单位为°/min。

G95 F ___*f*___；或：

G99 F ___*f*___；（仅 FS-0iTC 代码体系 A）

主轴每转进给，直线轴的进给速度的单位为 mm/r 或 in/r；回转轴的进给速度单位仍然为°/min。

2. 主轴转速

数控机床的刀具切削速度通过主轴转速来间接指定，主轴转速的一般指定方法如下：

S□□□□□ M03（或 M04）；

指令中的 S 指定主轴转速，单位为 r/min；M03 为主轴正转，M04 为主轴反转。

但是，为了提高表面加工质量，保证切削速度的不变，FS-0iD 可通过线速度恒定控制功能，直接指定切削速度。线速度恒定控制功能通常用于数控车床，它可以在车削加工时，根据工件的实际半径，自动改变主轴转速，使主轴转速和加工半径的乘积（线速度）保持不变。

线速度恒定控制指令的格式如下：

G96 S□□□□□；

线速度恒定控制指令 G96 为模态指令，指令有效时，S 的单位为 m/min。如不需要线速度恒定控制时，应通 G97 指令撤销，其指令的格式如下：

G97 S□□□□□；

G97 指令生效后，主轴重新回到转速指定方式，S 单位恢复为 r/min。

3. 主轴转速限制

当线速度恒定控制生效时，由于主轴转速和加工半径的乘积保持 S 指令值不变，在进行端面车削加工等场合，将出现半径接近 0 而导致主轴转速无限上升的情况。由于主轴转速受到机械结构、电动机转速等方面的限制，为了防止转速值超过机床允许值，需要通过 G92 或 G50 指令限制主轴最高转速，以保证加工的正常进行。主轴最高转速限制指令的格式如下：

G92 S□□□□□；或

G50 S□□□□□；（仅 FS-0iTD 代码体系 A）

指令中的 S 值为主轴最高允许转速，其单位为 r/min。

G92 或 G50 指令为多用途指令，它既可用于工件坐标系设定，又可用于主轴最高转速限制，当指令后续的地址为 S 时，用于指定主轴最高转速。

2.4 基本移动指令的编程

2.4.1 G00/G01/G04 指令与编程

1. G00 快速定位

刀具的快速定位以指令 G00 指定，执行指令，刀具以快进速度移动到程序段终点，并

进行精确定位，指令格式如下：

G00 X ＿x＿ Y ＿y＿ Z ＿z＿；

指令中的 x、y、z，在绝对编程时为终点坐标；在增量编程时为运动距离。

执行 G00 指令的刀具移动轨迹决定于 CNC 参数的设定。选择直线型定位时，移动轨迹是连接起点和终点的直线，移动距离最短的坐标轴按快进速度运动，其余坐标轴按移动距离按比例减小，保证各轴同时到达终点。选择非直线型定位时，各坐标轴都以快速移动速度运动，移动距离短的坐标轴到达终点后，等待其他坐标轴到达。

G00 指令的运动速度不能在程序上编程，它需要通过 CNC 参数进行设定，各坐标轴能自动进行加减速。G00 移动过程中不可能进行切削加工。

2. G01 直线插补

执行 G01 指令，刀具将按规定的进给速度、通过插补运算沿直线移动到终点，其运动过程如图 2.4-1 所示，G01 移动过程中刀具可进行切削加工。

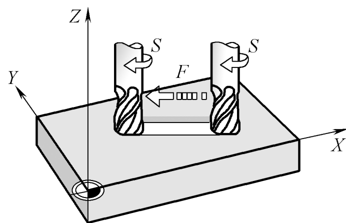


图 2.4-1 直线插补

G01 指令格式如下：

G01 X ＿x＿ Y ＿y＿ Z ＿z＿ F ＿f＿；

指令中的 x、y、z 含义与 G00 指令相同。

G01 指令的移动轨迹通过插补运算生成，从起点到达终点是一条严格的直线，各坐标轴同时到达终点。

G01 指令的运动速度可通过 F 代码编程。程序中指令的 f 为各坐标的合成速度。进给速度 F 是模态指令，它在新的 F 值指令以前，始终保持有效。G01 运动时，各坐标轴同样能够自动进行加减速。

3. G04 程序暂停

执行 G04 指令，可使刀具暂停进给，机床其他状态不变。暂停时间可通过程序指定。G04 指令格式如下：

G04 X ＿x＿；或

G04 P ＿p＿

指令中的 x 或 p 为暂停时间，时间单位与小数点输入格式对应，在计算机小数点输入方式时，G04 X5 代表暂停 5s；在普通小数点输入方式时，G04 X5 代表暂停 5ms。

程序暂停指令为单段有效指令，它常被用于孔加工时的光整加工、镗孔时的主轴完全停止退刀、铣削时的尖角生成等。

4. G31 跳步切削

G31 指令可使程序进入“跳步切削”加工。跳步切削的加工过程可以通过外部“跳过切削”信号 SKIP 控制，当 SKIP 信号输入 OFF 时，指令动作与 G01 一致；当 SKIP 信号输入 ON 时，CNC 立即中断程序段的执行、转入下一程序段。

G31 指令的编程格式与 G01 相同，但执行 G31 时不能使用刀具半径补偿功能。

跳步切削可使用转矩极限到达信号进行控制，其编程格式如下：

G31 P99 ----；或

G31 P98 ----；

指令 G31 P99 在转矩极限到达或 SKIP 信号 ON 时，均立即中断程序段、转入下一程序

段；G31 P98 只能在转矩极限到达时，中断本程序段的执行过程，转入下一程序段。

G31P99/P98 指令只能指定一个运动轴，否则 CNC 将出现 P/S 015 报警。

5. 编程实例

【例 2-1】 假设零件的安装位置如图 2.4-2 所示，其工件坐标系为 G54，零件的厚度为 15mm；加工时的主轴转速为 1000r/min、进给速度为 80mm/min。试编制利用立式数控铣镗床加工图示 ϕ10mm 通孔 1、2 的程序。

加工程序如下：

O0001；	（程序号）
N1 G54 G90 G21G94；	（选择工件坐标系、绝对编程、公制尺寸、每分钟进给）
N2 S1000 F80 M03；	（指定主轴转速、转向、进给速度）
N3 G00 X20.0 Y30.0；	（孔 1 定位）
N4 Z2.0；	（*Z* 向接近工件）
N5 G01 Z－20.0 F80；	（孔 1 加工）
N6 G00 Z2.0；	（*Z* 向退刀）
N7 X80.0 Y50.0；	（孔 2 定位）
N8 G01 Z－20.0；	（孔 2 加工）
N9 G00 Z50.0 M05；	（*Z* 退出、主轴停）
N10 M30；	（程序结束）

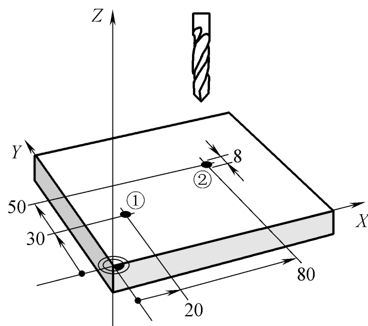


图 2.4-2 孔加工的编程

加工程序中的 *Z* 向尺寸都为刀具刀尖尺寸（可通过后述的刀具长度补偿指令实现），程序段 N5、N8 中选择 Z－20 是通孔加工需要增加的行程。

【例 2-2】 假设工件安装位置如图 2.4-3 所示，工件坐标系为 G55；加工时主轴转速为 500r/min、进给速度为 100mm/min。试编制利用卧式数控铣镗床上，实现图零件从 P_1 到 P_2 的槽加工程序。

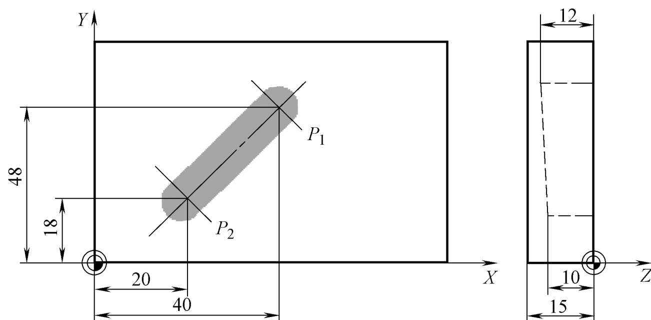


图 2.4-3 槽加工的编程

加工程序如下：

O0002；	（程序号）
N1 G55 G90 G21 G94；	（选择工件坐标系、绝对编程、公制尺寸、每分钟进给）
N2 S500 F100 M03；	（指定主轴转速、转向、进给速度）
N3 G00 X40.0 Y48.0；	（刀具在 P_1 上方定位）

N4　　Z2.0；	（Z 向接近工件表面）
N5 G01 Z－12.0；	（P_1 点 Z 向进刀）
N6　　X20.0 Y18.0 Z－10.0；	（X/Y/Z 联动加工 P_1 到 P_2 的槽）
N7 G00 Z100.0 M05；	（在 P_2 点 Z 向退刀，停止主轴）
N8 M30；	（程序结束）

【例 2-3】 假设图 2.4-4 所示零件，在车削加工的主轴转速为 500r/min；进给速度为 0.2mm/r（主轴每转进给），试编制在 FS-0iTD 代码体系 A 上，利用 G50 指令设置工件坐标系及使用绝对方式、半径编程实现零件车削加工的程序。

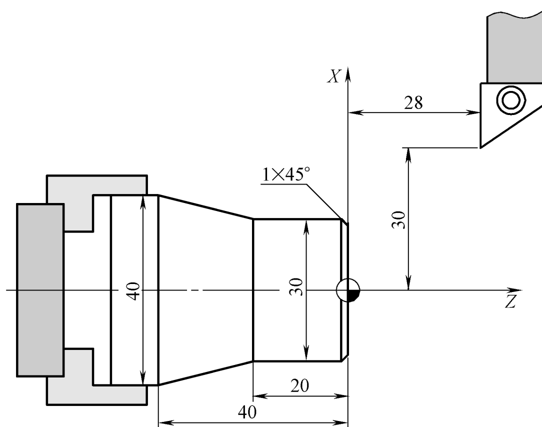


图 2.4-4　车削加工程序例

加工程序如下：

O0003；	（程序号）
N1 G21 G99；	（选择公制尺寸、主轴每转进给）
N2 G50 X30.0 Z28.0；	（设定工件坐标系）
N3 S500 F0.2 M03；	（指定主轴转速、转向、进给速度）
N4 G00 X12.0 Z2.0；	（刀具接近工件表面）
N5 G01 X15.0 Z－1.0；	（加工 1×45°倒角）
N6　　Z－20.0；	（加工 ϕ30 外圆）
N7　　X20.0 Z－40.0；	（加工外锥面）
N8 G00 X30.0；	（X 向退刀）
N9　Z28.0 M05；	（Z 向回到起点、停止主轴）
N10 M30；	（程序结束）

2.4.2　G02/G03 与平面选择指令编程

1. G02/G03 圆弧插补

G02/G03 指令用于圆弧插补编程，G02 为顺时针插补，G03 为逆时针插补。执行 G02、G03 指令，可使刀具按规定的速度沿圆弧移动到终点，移动过程中刀具可进行切削加工。

圆弧插补有指定圆心编程（格式Ⅰ）和指定半径编程（格式Ⅱ）两种格式，以顺时针

插补为例，其指令格式如下：

格式Ⅰ：G17 G02 X ___*x*___ Y ___*y*___ I ___*i*___ J ___*j*___ F ___*f*___；（*XY* 平面圆弧插补）

G18 G02 X ___*x*___ Z ___*z*___ I ___*i*___ K ___*k*___ F ___*f*___；（*ZX* 平面圆弧插补）

G19 G02 Y ___*y*___ Z ___*z*___ J ___*j*___ K ___*k*___ F ___*f*___ （*YZ* 平面圆弧插补）

格式Ⅱ：G17 G02 X ___*x*___ Y ___*y*___ R ___*r*___ F ___*f*___；（*XY* 平面圆弧插补）

G18 G02 X ___*x*___ Z ___*z*___ R ___*r*___ F ___*f*___；（*ZX* 平面圆弧插补）

G19 G02 Y ___*y*___ Z ___*z*___ R ___*r*___ F ___*f*___；（*YZ* 平面圆弧插补）

指令中的 G17/G18/G19 用于圆弧插补平面选择；*x*、*y*、*z* 指定圆弧终点坐标；*i*、*j*、*k* 或 *r* 指定圆心或半径。圆弧插补的起点为指令执行前刀具所处的位置，因此，为加工正确的圆弧，执行圆弧插补程序段前，应将刀具移动到圆弧起点上。指令的编程方法如下。

2. 加工平面与插补方向

圆弧插补需要通过指令 G17/G18/G19 选择加工平面。指令 G17 选择 *XY* 平面、G18 选择 *ZX* 平面、G19 选择 *YZ* 平面。平面选择指令，对固定循环加工、刀具补偿等同样有效。

镗铣类数控机床的加工平面如图 2.4-5a 所示，G17 通常为 CNC 开机默认的加工平面。车削类数控机床的加工平面如图 2.4-5b 所示，G18 通常为 CNC 开机默认的加工平面。

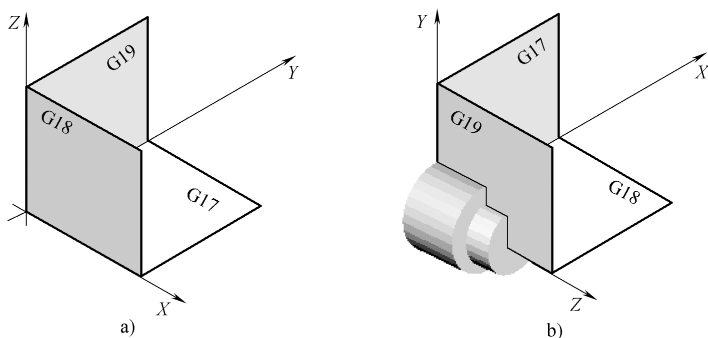


图 2.4-5　圆弧插补平面的定义

a）镗铣机床　b）车削机床

在不同的加工平面上，圆弧插补的方向 G02、G03 规定如图 2.4-6 所示。

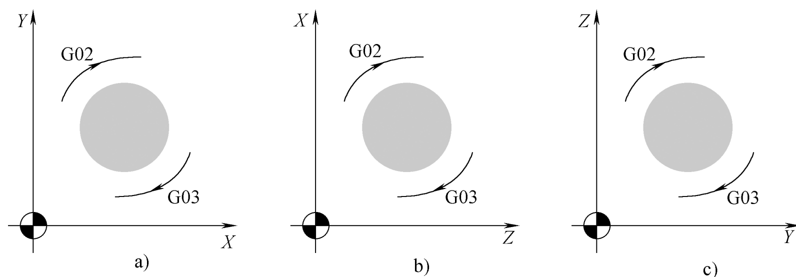


图 2.4-6　不同平面的圆弧插补方向

a）G17　b）G18　c）G19

3. 通过指定圆心编程

圆弧插补指令格式 I，是通过 i、j、k 指定圆心的编程方式。i、j、k 分别为 X、Y、Z 向从起点到圆心的增量距离，它不受 G90/G91 绝对/增量编程影响。

例如，对于如图 2.4-7 所示的圆弧插补加工，如以 P_1 为起点、P_2 为终点，其程序段如下：

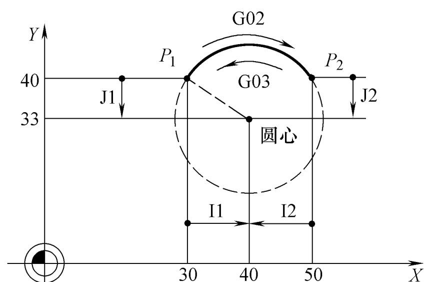


图 2.4-7　圆弧插补的 I、J 编程

G17 G90 G02 X50.0 Y40.0 I10.0 J－7.0 F100；或

G17 G91 G02 X20.0 Y0.0 I10.0 J－7.0 F100；

顺时针插补（G02）、终点坐标为（50，40）、圆心离起点的增量距离为 I1＝10.0、J1＝－7.0。

如以 P_2 为起点、P_1 为终点，其程序段如下：

G17 G90 G03 X30.0 Y40.0 I－10.0 J－7.0 F100；或

G17 G91 G03 X-20.0 Y0.0 I－10.0 J－7.0 F100；

逆时针插补（G03）、终点坐标为（30，40）、圆心离起点的增量距离为 I2＝－10.0、J1＝－7.0。

格式 I 为圆弧插补的基本编程格式，它可以用于任意圆弧的编程，例如，如圆弧起点和终点坐标值相同，便可加工整圆（全圆）。例如，执行指令

G17 G91 G02 X0 Y0 I10.0 J0 F100；

将加工出一个起点和终点重合、半径为 10 的整圆。

4. 通过指定半径编程

圆弧插补指令格式 Ⅱ 是通过 r 指定圆弧半径的编程方式，它不能用于整圆（全圆）插补编程。为了区分图 2.4-8 所示的起点、终点和半径相同的 4 个圆弧段，规定对于小于等于 180°的圆弧，r 取正；大于 180°的圆弧，r 取负，r 同样符号同样不受 G90/G91 绝对/增量编程影响。

因此，对于图 2.4-8 所示的从 P_1 到 P_2 的圆弧 a、b、c、d，采用绝对编程时的圆弧插补程序分别如下：

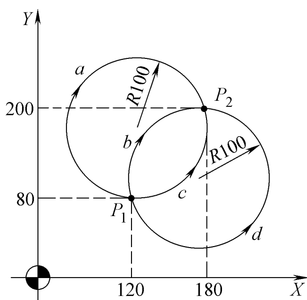


图 2.4-8　圆弧插补的 R 编程

圆弧 a：G17 G90 G02 X180.0 Y200.0 R－100.0 F100；

圆弧 b：G17 G90 G02 X180.0 Y200.0 R100.0 F100；

圆弧 c：G17 G90 G03 X180.0 Y200.0 R100.0 F100；

圆弧 d：G17 G90 G03 X180.0 Y200.0 R－100.0 F100；

5. 圆弧插补编程例

【例 2-4】 假设工件的安装位置如图 2.4-9 所示，工件坐标系为 G55；加工时主轴转速为 800r/min；进给速度为 50mm/min。试编制通过数控镗铣床铣削零件的加工程序（不考虑刀具半径）。

加工程序如下：

O0004；　　　　　　　　　　（程序号）

N1 G55 G90 G21 G94 G17；　　（选择工件坐标系、加工平面、编程单位）

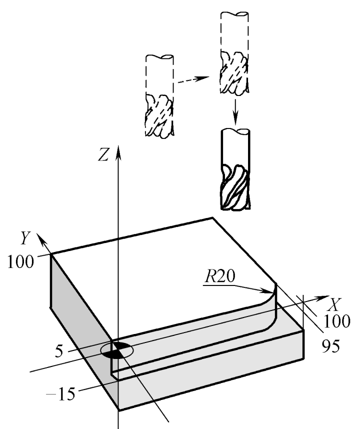


图 2.4-9 圆弧插补编程例

N2 S800 F50 M03； (指定主轴转速、转向、进给速度)
N3 G00 X95.0 Y110.0； (刀具在起点上方定位)
N4 Z－15.0； (Z 向进到加工深度)
N5 G01 Y25.0； (Y 向切削加工)
N6 G02 X75.0 Y5.0 R20.0； (加工 R20 圆弧)
N7 G01 X－10.0； (X 向切削加工)
N8 G00 Z100.0 M05； (Z 向退刀，停止主轴)
N9 M30； (程序结束)

【例 2-5】 假设工件的安装位置如图 2.4-10 所示，工件坐标系为 G55；加工时主轴转速为 800r/min；进给速度为 50mm/min。试编制通过数控镗铣床全圆铣削零件的加工程序(不考虑刀具半径)。

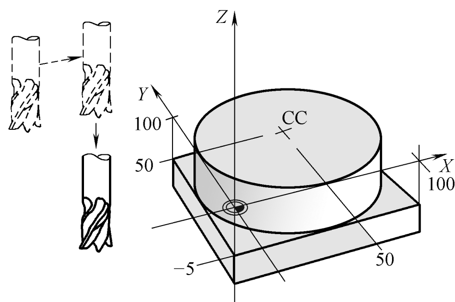


图 2.4-10 全圆插补加工例

加工程序如下：

O0005； (程序号)
N1 G55 G90 G21 G94 G17； (选择工件坐标系与加工平面、单位)
N2 S800 F50 M03； (指令主轴转速、转向、进给速度)
N3 G00 X－20.0 Y0； (刀具在起点上方定位)
N4 Z－5.0； (Z 向进到加工深度)
N5 G01 X50.0； (X 向切向进刀)

N6 G03 X50.0 Y0 I0 J50.0;　　　(加工 R50 圆)
N7 G01 X60.0;　　　(X 轴切向退刀)
N8 G00 Z100.0 M05;　　　(Z 向退刀,主轴停止)
N9 M30;　　　(程序结束)

上述程序全圆加工采用了切向进刀方式，在实际加工中，为了提高加工精度，宜采用圆弧进刀、退刀方式。

【例 2-6】 假如工件的安装位置如图 2.4-11 所示，加工时主轴转速为 500r/min；进给速度为 0.2mm/r（主轴每转进给）。试编制在 FS-0iTD 代码体系 A 上，利用 G50 指令设置工件坐标系及使用绝对方式、半径编程实现零件车削加工的程序（不考虑刀具半径）。

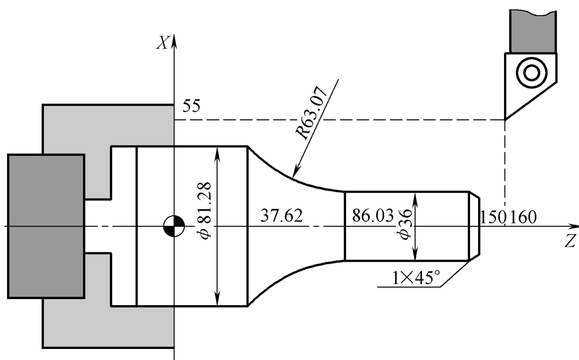


图 2.4-11　圆弧车削加工程序

加工程序如下：

O0006;　　　(程序号)
N1 G21 G99;　　　(选择公制尺寸、主轴每转进给)
N2 G50 X55.0 Z160.0;　　　(设定工件坐标系)
N3 S500 F0.2 M03;　　　(指定主轴转速、转向、进给速度)
N4 G00 X15.0 Z152.0;　　　(刀具接近工件表面)
N5 G01 X18.0 Z149.0;　　　(加工 1×45°倒角)
N6 Z86.03;　　　(加工 ϕ36 外圆)
N7 G02 X40.64 Z37.62 R63.07;　　　(加工圆弧面)
N8 G00 X55.0;　　　(X 向退刀)
N9 Z160.0 M05;　　　(Z 向回到起点、停止主轴)
N10 M30;　　　(程序结束)

2.5　加工辅助指令与编程

2.5.1　G22/G23 禁区保护指令

1. 禁区保护功能

加工禁区保护是一种软件限位功能，又称存储型行程检查。通过设定加工禁区，可自动

阻止刀具进入保护区，以防出现刀具与夹具或其他部件的碰撞。

FS-0iD 可设定如图 2.5-1 所示的软件限位（存储型行程检查 1）、禁区 1（存储型行程检查 2）、禁区 2（存储型行程检查 3）共 3 个禁区（阴影部分禁止刀具进入）。但在使用卡盘和尾架保护功能的 FS-0iTD 上，不能使用禁区 1、2，有关内容详见第 8 章 8.3 节。

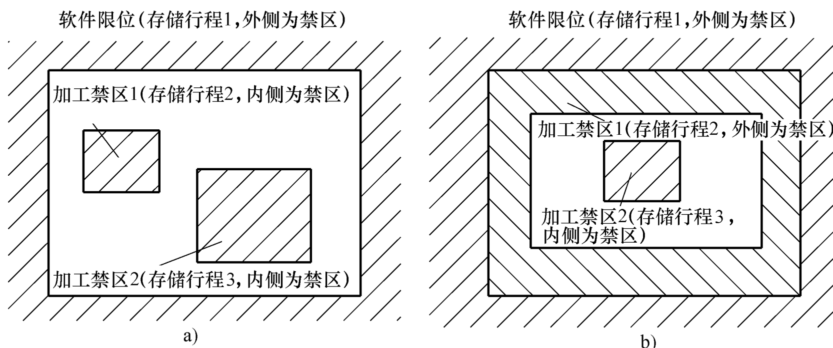


图 2.5-1　加工禁区 1 的设定

a）禁区 1 为内侧　b）禁区 1 为外侧

软件限位（存储型行程检查 1）用于运动轴的移动范围限制，因此，设定区域的外侧为运动禁区，软件限位的位置需要 CNC 参数进行设定，它可设定两组不同的限位参数，即行程极限Ⅰ和行程极限Ⅱ，两者可通过 PMC 控制信号进行切换。当刀具进入软件限位区时，CNC 将显示 OT500、OT501 报警。

加工禁区 2（存储型行程检查 3）的禁止区域为内侧，设定区域的内侧为运动禁止区。禁区 2 同样只能通过 CNC 的机床参数进行设定，当道具进入加工禁区 2 时，CNC 显示报警 OT 504、OT505 报警。

加工禁区 1（存储型行程检查 2）的禁止区域可通过 CNC 参数的设定，选择图 2.5-1a 所示的内侧，或图 2.5-1b 所示的外侧作为禁区。加工禁区 1 的禁止范围不但可通过 CNC 参数设定，且可通过 CNC 程序指令 G22/G23 设定和撤销，当刀具进入加工禁区 1 时，CNC 将显示 OT 502、OT503 报警。

2. G22/G23 禁区保护指令

FS-0iD 的存储型行程检查 2 的禁止区域，可通过程序指令 G22/G23 设定和撤销。指令 G22 用来建立和生效加工禁区 1；G23 用来撤销禁区 1 的保护功能；刀具禁止区域需要通过 CNC 参数 PRM1300.0 的设定选定，设定 0 时为内侧禁止、设定 1 时为外侧禁止。

G22/G23 指令的编程格式如下：

建立与生效加工禁区 1：G22 X $\underline{\ x\ }$ Y $\underline{\ y\ }$ Z $\underline{\ z\ }$ I $\underline{\ i\ }$ J $\underline{\ j\ }$ K $\underline{\ k\ }$；

撤销加工禁区 1：G23；

格式中的 x、y、z 为禁区 1 的上边界；i、j、k 为加工禁区的下边界；故应保证程序中的 $i<x$、$j<y$、$k<z$，当 FS-0iTD 不使用 Y 轴时，指令中的 j、y 可以省略。

指令 G22 一旦执行，根据 CNC 参数 PRM1300.0 的设定，相应的区域便禁止刀具进入。例如，当设定 PRM1300.0 = 0 时，执行指令

G22 Y－600.0 Z－450.0 J－680.0 K－600.0；

图 2.5-2 所示的区域便成为了加工禁区。

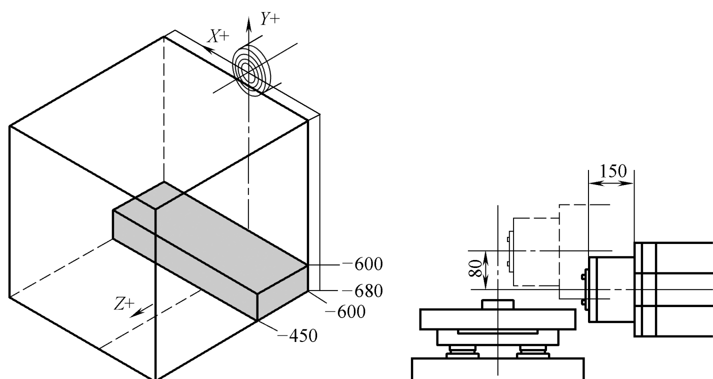


图 2.5-2　加工禁区的设定

2.5.2　CNC 参数输入指令

FS-0iD 的设定参数、刀具补偿参数、工件坐标系的零点偏置参数，均可通过程序指令 G10 输入，其输入方法如下。

1. CNC 设定参数输入

CNC 设定参数输入指令的编程格式如下：

G10 L52；　　　　　　　　　　　　（生效 CNC 设定参数输入功能）

N□□□□（P□）R□□□□；　　（输入 CNC 设定参数）

⋮

G11；　　　　　　　　　　　　　　（撤销 CNC 参数输入功能）

指令中的代码含义如下。

N：CNC 设定参数（PRM）号；

P：仅输入“轴型参数”时需要，输入 1 ~5 用于指定坐标轴；

R：参数值，不可使用小数点，二进制“位参数”应使用二进制数据；

例如：将加工禁区 1 的 Z 轴上边界设定参数 PRM1322 设定为 −450.0、下边界设定参数 PRM1323 设定为 −600.0 的指令如下：

G10 L52；

N1322 P3 R −450.0；

N1323 P3 R −600.0；

⋮

G11；

而将 CNC 的二进制位参数 PRM3404 设定为 0000 0100 的指令如下：

G10 L52；

N3404 R00000100；

G11；

⋮

输入设定参数时需要注意以下几点：

1）在指令 G10 L52 到 G11 的范围内，不可编入非参数输入的其他加工指令。

2）由于参数的输入可能改变刀具的运动轨迹，故执行 G10L52 前应撤销固定循环、刀具补偿等模态指令。

3）除非必要，建议在程序中不要改变与编程无关的 CNC 参数，以避免发生事故。

2. 刀补的程序输入

在 FS-0iD 中，刀具补偿数据，如车刀的位置偏置与磨损量、刀尖半径与磨损量；铣刀的长度偏置与磨损量、半径补偿与磨损量等，可通过指令 G10 进行输入，指令的编程格式与 CNC 的类型有关。

用于车床或车削中心控制的 FS-0iTD 编程格式如下：

G10 P _p_ X _x_ Z _z_ R _r_ Q _q_ （Y _y_）；或

G10 P _p_ U _u_ W _w_ C _c_ Q _q_ （Y _y_ ）；

指令中的代码含义如下：

P：偏置号指定。

P＝1～＊＊＊：刀具磨损偏置号。

P＝100001～100＊＊＊：刀具几何偏置号。

X/Z/Y：X/Z/Y 偏置值，根据 P 值分别对应磨损偏与几何偏置。

U/W：X/Z 偏置值增量，输入值将叠加到现有偏置值上。

R：刀尖半径，根据 P 值分别对应几何半径与半径磨损量 R。

C：刀尖半径值增量，输入值将叠加到现有半径值上。

Q：假想刀尖方向，允许输入值 0～9。

铣床或加工中心控制用的 FS-0iMD 可以选择刀具补偿 A 和刀具补偿 C 两种补偿方式，使用刀具补偿方式 A 时，只有长度补偿；选择刀具补偿方式 C 时，可以对长度、长度磨损、半径、半径磨损进行补偿。

补偿方式 A 的编程格式如下：

G10 P _p_ R _r_ ；（长度偏置值 H）

G10 P _p_ R _r_ ；（长度偏置值 H）

P：长度偏置号；

R：长度补偿值。

补偿方式 C 的编程格式如下：

G10 L10 P _p_ R _r_ ；（输入长度偏置值 H）

G10 L11 P _p_ R _r_ ；（输入长度磨损值 H）

G10 L12 P _p_ R _r_ ；（输入半径补偿值 D）

G10 L13 P _p_ R _r_ ；（输入半径磨损值 D）

P：长度补偿号 H 或半径补偿号 D；

R：补偿值或磨损补偿值。

FS-0iMD 的刀具偏置值可以是绝对值输入（直接写入偏置值），也可以是增量值输入（叠加到现有数据上），它决定于现行有效的 G90/G91 编程方式。

3. 零点偏置的程序输入

在 FS-0iD 中，工件坐标系的零点偏置同样可通过指令 G10 进行输入，其编程格式如下：

G10 L2 P ___*p*___ X ___*x*___ Y ___*y*___ Z ___*z*___；（输入零点偏置值）

指令中的代码含义如下：

P：偏置号指定。

P＝0：外部工件坐标系零点偏置。

P＝1～6：指定工件坐标系 G54～G59。

X/Y/Z：X/Y/Z 零点偏置值（在 FS-0iTC 中可省略 Y）。

零点偏置值可以是绝对值输入（直接写入偏置值），也可以是增量值输入（叠加到现有数据上），它决定于现行有效的 G90/G91 编程方式；当采用 FS-0iTD 代码体系 A 时，增量输入需要将地址 X/Z 改为 U/W。

FS-0iMD 还可通过如下指令，输入 G54.1 附加坐标系的零点偏置值：

G10 L20 P ___*n*___ X ___*x*___ Y ___*y*___ Z ___*z*___；（输入零点偏置值）

指令中的 P 用来选择附加坐标系，输入值可以是 1～48。

2.5.3 刀具测量与位置偏置指令

1. 刀具测量过程

刀具测量是一种利用接触或非接触式测头所产生的测量信号，通过 CNC 的自动计算，来确定刀具长度偏置值的功能。在 FS-0iMD 上，可通过 G37 指令实现刀具长度自动测量功能，刀具长度自动测量的运动过程如图 2.5-3 所示。

使用刀具长度测量功能，需要设定如下相关 CNC 参数。

PRM 6251/6252/6253：分别为 *X/Y/Z* 轴的测量减速区 γ 长度；

PRM 6241/6242/6243：分别为 *X/Y/Z* 轴测量减速区的进给速度值；

PRM 6254/6255/6256：分别为 *X/Y/Z* 轴测量到位信号的允许偏差 ε。

刀具测量信号在 FS-0iMD 中的输入地址规定如下：

X 轴测量到位信号：X004.0；

Y 轴测量到位信号：X004.1；

Z 轴测量到位信号：X004.2。

进给速度
快速移动
假定的测量位置
测量速度
位置到达信号
起始点
ε ε
γ

图 2.5-3 刀具测量的动作过程

2. G37 指令编程

指令 G37 的编程格式如下（以 *Z* 轴为例，*X*、*Y* 轴同）：

⋮

G92 Z $\underline{\ z\ }$;

H□□;

G90 G37 Z $\underline{\ z_1\ }$;

⋮

执行以上指令的刀具运动过程如下：

1）设定起始点的坐标值。

2）刀具快速向指令目标点 z_1 运动。

3）刀具到达测量减速区（距离目标点 γ 的位置，PRM 6253 设定），减速至 PRM 6243 设定的速度继续向指令目标点 z_1 运动。

4）如在到位允差范围（距离目标点 ε 的位置，PRM 6256 设定）内，测量输入信号 ON，则停止轴运动、结束测量过程、自动计算长度偏置值。

G37 指令执行过程中，如在到位允差范围 ε 内未检测到测量信号输入，或在到达测量减速区前测量信号输入 ON，轴运动将立即停止，CNC 显示 P/S 080 报警。

执行指令 G37 可自动改变程序代码 H□□所指定的刀具偏置值，程序中指令的目标点 z_1 应为刀具理论长度的运动终点。通过执行指令 G37，可将刀具长度偏置值修改为：

$$h = h_0 + (z_2 - z_1)$$

h：新的长度偏置值；

h_0：原长度偏置值（理论长度刀具）；

z_2：轴测量到位信号 ON 时的 Z 坐标值；

z_1：指令目标点（理论长度刀具的运动终点）。

3. 刀具位置偏置（G45/G46/G47/G48）

在早期的数控系统上，由于刀具半径补偿功能尚未完善，为了对刀具半径进行自动补偿，需要使用刀具位置偏置指令 G45/G46/G47/G48。

刀具位置偏置指令 G45/G46/G47/G48 的作用是在运动方向上增加/减少 1 个（G45/G46）或 2 个（G47/G48）代码 D 指定的刀具半径。现在的 CNC 都具有刀具半径补偿功能，故可直接利用半径补偿代替指令 G45/G46/G47/G48 编程。

第3章 FS-0iTD编程

3.1 车削加工指令与编程

3.1.1 程序特点与代码体系

1. 程序特点

车削类数控机床的最大特点是以工件回转作为切削主运动，因此，CNC 只要有轴向（*Z*）和径向（*X*）两个基本坐标轴，就可完成绝大部分零件的切削加工，其编程指令与数控镗铣加工机床有较大的区别。

在 FS-0iD，FS-0iTD/FS-0iMateTD 是用于车削类数控机床控制的系统，它与数控镗铣床控制用的 FS-0iMD/FS-0iMateMD 比较，在编程指令上主要具有以下特点：

1）直径编程。在工程图上，回转体类零件的轮廓尺寸通常以直径的形式标注，为了减少编程中的换算，当 FS-0iTD（包括 FS-0iMateTD，下同）的 CNC 参数 PRM1006.3 设定为“1”时，在程序中可直接使用直径指定径向尺寸。

2）主轴每转进给。在工艺上，车削加工的切削进给量通常以主轴每转进给表示，为了简化编程、使切削用量与工艺参数统一，FS-0iTD 程序中的进给速度 *F* 单位，可以直接通过编程指令 G94/G95 或 G98/G99，随时进行每分钟进给（mm/min）和主轴每转进给（mm/r）间的转换。

3）线速度恒定控制。为了提高工件的表面质量，保证端面、侧面车削加工时的切削速度不会因直径的变化而改变，线速度恒定控制（G96）是 FS-0iTD 的常用指令。

4）车削固定循环。端面、内外圆和螺纹等是最常用的车削加工，为了适应这一加工要求，FS-0iTD 设计有专门的车削加工固定循环指令，固定循环的动作和 FS-0iMD 有明显区别。

5）车削中心编程。为了适应车削中心、车铣复合加工中心的回转体铣削加工要求，FS-0iTD 可采用柱面坐标编程、极坐标编程等特殊的铣削加工指令。

6）刀具补偿。大多数端面、内外圆和螺纹车削用的刀具都固定安装在刀架上，刀具补偿需要对 *X*/*Z* 轴位置（刀具偏置）和刀尖半径同时进行，其刀具补偿的编程、刀具补偿参数和 FS-0iMD 有明显区别。

7）功能限制。由于机床结构和工艺等方面的限制，车削加工机床一般不可以像铣床、加工中心那样在单刀架车床上进行对称加工（镜像）、比例缩放，也不能通过 G54.1Pn 选择

扩展坐标系；内外圆车削时也不能使用单向定位功能。但由于车削中心需要进行铣削加工，因此，在 FS-0iTD 上，已经可以使用精确定位（G09）、准确停止（G61）、攻螺纹方式（G63）、连续切削（G64）等原来只能用于 FS-0iMD 的编程指令，有关内容可参见第 4 章。

2. 代码体系

由于机床结构和工艺等方面的区别，早期的车削加工机床控制用的 CNC 和镗铣类机床控制用的 CNC，在 G 指令代码的设计上有较大的差别，但是，随着车削中心、车铣复合加工中心的大量应用，在先进的 CNC 上，两者的功能正在相互融合，其 G 指令代码渐趋统一。FS-0iD 有表 3.1-1 所示的三种 G 指令编程代码体系，操作者可以通过 CNC 参数 PRM3401.6、PRM3401.7 的设定自由选择。表中带阴影的 G 代码为通常的 CNC 开机默认 G 代码，它可以通过 CNC 参数的设定改变；G 代码组 00 中，除特殊的 CNC 参数输入用指令 G10/G11 外，其他均为单段有效 G 代码，其余各组 G 代码均为模态 G 代码。

表 3.1-1　FS-0iTD 的 G 代码体系表

代码体系			组别	作用与功能
A	B	C		
G00	G00	G00	01	快速定位
G01	G01	G01		直线插补
G02	G02	G02		顺时针圆弧插补
G03	G03	G03		逆时针圆弧插补
G04	G04	G04	00	程序暂停
G05.4	G05.4	G05.4		HRV3 控制生效与撤销
G07.1(G107)	G07.1（G107）	G07.1(G107)		圆柱面插补
G08	G08	G08		前瞻控制
G09	G09	G09		准确定位(见 FS-0iMD 编程)
G10	G10	G10		通过程序输入数据
G11	G11	G11		取消用程序输入数据
G12.1(G112)	G12.1(G112)	G12.1(G112)	21	极坐标插补
G13.1(G113)	G13.1(G113)	G13.1(G113)		极坐标撤销
G17	G17	G17	16	*XY* 平面选择
G18	G18	G18		*ZX* 平面选择
G19	G19	G19		*YZ* 平面选择
G20	G20	G70	06	英制尺寸编程
G21	G21	G71		公制尺寸编程
G22	G22	G22	09	禁区保护生效
G23	G23	G23		禁区保护撤销
G25	G25	G25	08	主轴速度波动检测无效
G26	G26	G26		主轴速度波动检测生效
G27	G27	G27	00	返回参考点的校验
G28	G28	G28		自动返回参考点

（续）

代码体系			组别	作用与功能
A	B	C		
G29	G29	G29	00	从参考点返回
G30	G30	G30		自动返回第 2/3/4 参考点
G31	G31	G31		跳步功能
G32	G33	G33	01	螺纹切削
G34	G34	G34		变导程螺纹切削
G36	G36	G36		*X* 轴刀具自动测量
G37	G37	G37		*Z* 轴刀具自动测量
G39	G39	G39		圆弧插补型刀补拐角
G40	G40	G40	07	取消刀具半径补偿
G41	G41	G41		刀尖半径补偿左侧
G42	G42	G42		刀尖半径补偿右侧
G50	G92	G92	00	工件坐标系设定或主轴转速限制
G50.3	G92.1	G92.1		工件坐标系预设
G50.2(G250)	G50.2(G250)	G50.2(G250)	20	多边形加工撤销
G51.2(G251)	G51.2(G251)	G51.2(G251)		多边形加工生效
G50.4	G50.4	G50.4	00	同步控制撤销
G50.5	G50.5	G50.5		不同通道轴混合控制撤销
G50.6	G50.6	G50.6		不同通道轴重叠控制撤销
G51.4	G51.4	G51.4		同步控制生效
G51.5	G51.5	G51.5		不同通道轴混合控制生效
G51.6	G51.6	G51.6		不同通道轴重叠控制生效
G52	G52	G52		局部坐标系设定
G53	G53	G53		机床坐标系选择
G54	G54	G54	14	选择工件坐标系 1
G55	G55	G55		选择工件坐标系 2
G56	G56	G56		选择工件坐标系 3
G57	G57	G57		选择工件坐标系 4
G58	G58	G58		选择工件坐标系 5
G59	G59	G59		选择工件坐标系 6
G61	G61	G61	15	准确停止(见 FS-0iMD 编程)
G63	G63	G63		攻螺纹方式(见 FS-0iMD 编程)
G64	G64	G64		连续切削(见 FS-0iMD 编程)
G65	G65	G65	00	调用宏程序
G66	G66	G66	12	宏程序模态调用
G67	G67	G67		宏程序模态调用撤销

（续）

代码体系			组别	作用与功能
A	B	C		
G68	G68	G68	04	带对称刀架的机床镜像加工生效
G69	G69	G69		带对称刀架的机床镜像加工撤销
G70	G70	G70	00	精车固定循环
G71	G71	G71		粗车外圆固定循环
G72	G72	G72		精车端面固定循环
G73	G73	G73		固定形状粗车固定循环
G74	G74	G74		中心孔加工固定循环
G75	G75	G75		精车固定循环
G76	G76	G76		复合型螺纹切削循环
G80	G80	G80	10	固定循环撤销
G81	G81	G81		钻孔循环(仅选择 FS-11T 格式时)
G82	G82	G82		铰孔循环(仅选择 FS-11T 格式时)
G83	G83	G83		端面钻孔循环
G83. 1	G83. 1	G83. 1		端面钻孔循环(仅选择 FS-11T 格式时)
G84	G84	G84		端面攻螺纹循环
G84. 2	G84. 2	G84. 2		端面攻螺纹循环(仅选择 FS-11T 格式时)
G85	G85	G85		端面镗孔循环
G87	G87	G87		侧面钻孔循环
G88	G88	G88		侧面攻螺纹循环
G89	G89	G89		侧面镗孔循环
G90	G77	G20	01	内、外圆车削循环
G92	G78	G21		螺纹切削循环
G94	G79	G24		端面车削循环
G96	G96	G96	02	线速度恒定控制生效
G97	G97	G97		线速度恒定控制撤销
G96. 1	G96. 1	G96. 1	00	等待完成信号的主轴分度
G96. 2	G96. 2	G96. 2		无完成信号的主轴分度
G96. 3	G96. 3	G96. 3		主轴分度完成确认
G96. 4	G96. 4	G96. 4		伺服旋转控制有效
G98	G94	G94	05	每分进给
G99	G95	G95		每转进给
—	G90	G90	03	绝对指令
—	G91	G91		增量指令
—	G98	G98	11	返回起始平面
—	G99	G99		返回参考平面

3.1.2 常规车削编程

1. 基本说明

FS-0iTD 可使用不同的代码体系进行编程，表 3.1-1 中的代码体系 A 为传统的数控车床编程指令，它与镗铣加工机床的编程代码有较大的差别，在普通型数控车床上的使用较为广泛。代码体系 B、C 是车削中心、车铣复合加工中心常用的编程代码体系，两者差别较小，且与镗铣加工机床的编程代码基本统一。为了便于读者编程，现将代码体系 A 和代码体系 B、C 的主要区别说明如下：

1）代码体系 A 的工件坐标系设定通过 G50 指令进行，代码体系 B、C 和 FS-0iMD 的工件坐标系设定使用指令 G92。

2）代码体系 A 的绝对/增量编程通过改变地址实现，绝对编程使用地址 X/Z/C、增量编程使用地址 U/W/H，同一程序段上允许绝对/增量混用。代码体系 B、C 和 FS-0iMD 的绝对/增量编程使用指令 G90/G91。

3）代码体系 A 中，每分进给/主轴每转进给使用指令 G98/G99 转换，代码体系 B、C 和 FS-0iMD 中通过指令 G94/G95 转换。

4）代码体系 A、B 中，公/英制转换使用指令 G20/G21，代码体系 C 的公/英制转换使用指令 G70/G71。

5）车削加工用的内/外圆车削、螺纹切削、端面车削固定循环，在代码体系 A、B、C 中的编程指令分别为 G90/G92/G94、G77/G78/G79、G20/G21/G24，但其动作相同。

2. 绝对/增量编程

FS-0iTD 代码体系 B、C 的绝对/增量编程使用 G90/G91 指令。代码体系 A 的绝对/增量编程需要改变坐标轴的地址实现，绝对编程使用地址 X/Z/C、增量编程使用地址 U/W/H。

采用代码体系 A 编程时，绝对/增量编程不仅在程序中可以混用，而且在同一程序段上，不同坐标轴的位置也可用不同的形式给定，例如

```
G01 U10.0 W10.0;        (X、Z 轴增量移动 10mm)
G01 X10.0 Z10.0;        (X、Z 轴的终点坐标为 [10, 10])
G01 U10.0 Z10.0;        (X 轴增量移动 10mm、Z 轴的终点坐标为 10)
```

3. 直径编程

当 FS-0iTD 的 CNC 参数 PRM1006.3 设定为“1”时，程序中的径向（X 轴）尺寸和位置使用直径编程，此时，机床的 X 轴实际移动量为编程值的 1/2。

直径编程对绝对增量同时有效，但 Z 轴尺寸和位置不受直径/半径编程的影响。例如，采用直径编程时，指令“G01 U100 W100;”的 X 轴实际移动量为 50mm、Z 轴的实际移动量仍然为 100mm 等。

【例 3-1】 对于第 2 章中例 2-3 所示的零件加工，采用直径编程的加工程序如下：

```
O0008;                  (程序号)
N1 G21 G99;             (选择公制尺寸、主轴每转进给)
N2 G50 X60.0 Z28.0;     (设定工件坐标系)
N3 S500 F100 M03;       (指定主轴转速、转向、进给速度)
N4 G00 X24.0 Z2.0;      (刀具接近工件表面)
```

```
N5 G01 X30.0 Z-1.0;          (加工 1×45°倒角)
N6     Z-20.0;               (加工 φ30 外圆)
N7     X40.0 Z-40.0;         (加工外锥面)
N8 G00 X60.0;                (X 向退刀)
N9     Z28.0 M05;            (Z 向回到起点、停止主轴)
N10 M30;                     (程序结束)
```

【例 3-2】 对于第 2 章中例 2-6 所示的零件加工，采用直径编程的加工程序如下：

加工程序如下：

```
O0006;                            (程序号)
N1 G21 G99;                       (选择公制尺寸、主轴每转进给)
N2 G50 X110.0 Z160.0;             (设定工件坐标系)
N3 S500 F0.2 M03;                 (指定主轴转速、转向、进给速度)
N4 G00 X30.0 Z152.0;              (刀具接近工件表面)
N5 G01 X36.0 Z149.0;              (加工 1×45°倒角)
N6     Z86.03;                    (加工 φ36 外圆)
N7 G02 X81.28 Z37.62 R63.07;      (加工圆弧面)
N8 G00 X110.0;                    (X 向退刀)
N9     Z160.0 M05;                (Z 向回到起点、停止主轴)
N10 M30;                          (程序结束)
```

4. 螺纹车削

螺纹车削是数控车床的常见加工，在 FS-0iTD 上，指令 G32（或 G33）可实现等导程的直螺纹、锥螺纹、端面螺纹加工。螺纹加工的前提是主轴必须安装位置检测编码器，加工螺纹时，CNC 将通过检测主轴的角位移，并螺距要求将主轴角位移转换为 *Z* 轴的进给，使得 *Z* 轴能够同步跟随主轴运动。

G32 指令的编程格式如下：

G32 X □□□□Z □□□□F□□□□□□；

指令中 X/Z 为终点坐标，F 为螺纹导程。

G32 指令编程应注意以下几点：

1）螺纹加工时，CNC 将主轴编码器的零位脉冲作为 *Z* 轴同步进给的开始点，为了保证螺纹的有效长度，编程时应适当加长螺纹行程，不能将起点直接定义在螺纹开始位置上。

2）螺纹切削一般需要多次切削才能完成，每次的切入量应按比例递减，并使最终切深和螺纹牙深一致。不同次的切削，除了 *X* 尺寸（切深）需要改变外，*Z* 轴的起点、终点和主轴转速都不能改变。

3）螺纹切削的 *Z* 轴进给指令来自于主轴编码器检测，进给速度与主轴转速、螺纹导程有关，因此，编程中的模态 *F* 值在螺纹加工时暂时无效；操作面板上的主轴倍率、进给速度倍率调节开关通常被禁止（固定为 100%）；线速度恒定控制功能通常也需要撤销。

【例 3-3】 对于图 3.1-1 所示的螺纹加工，如工件坐标系选择如图所示，试采用直径编程，编制其螺纹加工程序。

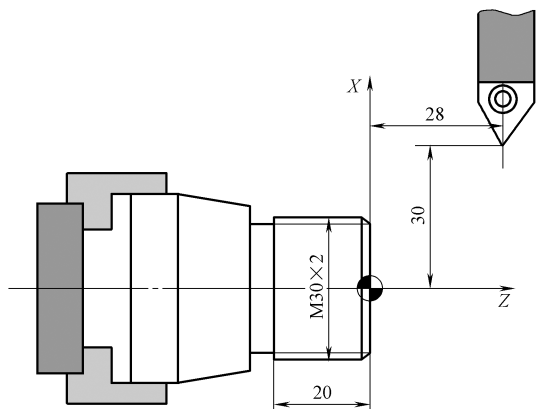


图3.1-1 螺纹车削编程

M30×2 螺纹的牙深为1.299mm（半径），根据常规的工艺要求，程序应分五次切入，其切入量分别为0.45mm、0.3mm、0.3mm、0.2mm、0.05mm（半径），故加工程序如下：

```
O0009;
N1 G50 X60.0 Z28.0;          (设定工件坐标系)
N2 S100 M03;                 (指定主轴转速)
N3 G00 X29.1 Z2.0;           (螺纹加工起点,第一次切入0.45mm)
N4 G32 Z-23.0 F2.0;          (第一次加工)
N5 G00 X32.0;                (X向退刀)
N6     Z2.0;
N7     X28.5;                (第二次切入0.3mm)
N8 G32 Z-23.0 F2.0;          (第二次加工)
N9 G00 X32.0;                (X向退刀)
N10    Z2.0;
N11    X27.9;                (第三次切入0.3mm)
N12 G32 Z-23.0 F2.0;         (第三次加工)
N13 G00 X32.0;               (X向退刀)
N14    Z2.0;
N15    X27.5;                (第四次切入0.2mm)
N16 G32 Z-23.0 F2.0;         (第四次加工)
N17 G00 X32.0;               (X向退刀)
N18    Z2.0;
N19    X27.4;                (第五次切入0.05mm)
N20 G32 Z-23.0 F2.0;         (第五次加工)
N21 G00 X32.0;               (X向退刀)
N22    X60.0 Z28.0;          (刀具回到起点)
N23 M30;                     (程序结束)
```

3.1.3 圆柱面插补与极坐标插补

车削中心和车铣复合加工中心具有铣削功能，它可以进行回转体侧面和端面的铣削加工，FS-0iD 的圆柱面插补和极坐标插补功能是用于铣削加工的常用指令。

1. 圆柱面插补

在车削中心上，使用 FS-0iD 的圆柱面插补功能，可以方便圆柱面的铣削加工编程。圆柱面插补可通过指令 G07.1 或 G107 指定回转轴，该轴将根据程序指定的直径，沿周长方向展开后成为一个等效的直线轴，以构成插补平面。

等效直线轴的地址可通过 CNC 参数 PRM1002 定义，等效直线轴只用于 CNC 内部角度和周长的转换，在程序中回转轴仍然使用原来的角度地址进行编程。例如，在车削中心上，可将回转轴 *C* 等效为平行于 *X* 轴的直线轴，圆柱面插补编程便可在虚拟的 *ZX* 平面上进行，并使用 *Z*、*C* 进行编程。

圆柱面插补的生效与撤销指令格式如下：

G07.1 C□□□□；或：

G107 C□□□□；（生效圆柱面插补功能）

G07.1 C0；或：

G107 C0；（撤销圆柱面插补功能）

G07.1/G107 指令中 C□□□□指定回转轴名称 C 和圆柱半径，其增量编程的地址为 H，也可根据机床的实际要求，通过 CNC 参数设定选择其他回转轴地址，如 A、B 等。

圆柱面插补编程时需要注意以下几点：

1）圆柱面插补不仅可用于直线轴与等效直线轴间的直线插补，且可以进行圆弧插补，但圆弧插补只能使用半径 *R* 编程，而不可使用 *I*、*J*、*K* 的编程格式。

2）圆柱面插补时，等效直线轴的位置应以周长的形式给定。如果铣削加工时，*X* 轴不需要径向进刀，为了方便编程，可将柱面坐标的半径定义为 $R=57.296$，使得展开后的周长 $2\pi R$（$\pi=3.14159$）正好为 360，这样，等效为直线轴的位置就可直接用回转角度指令。

3）开始执行圆柱面插补前及圆柱面插补有效期间，程序不可为 G00 快速定位方式；圆柱面插补有效期间，不可使用工件坐标系的设定指令 G50、G92 等，也不可使用 G81 ~ G89 固定循环加工指令。

4）生效圆柱面插补前应取消刀具补偿，但在圆柱面插补有效期间，可使用刀具半径补偿指令。

【例 3-4】 对于图 3.1-2 所示的圆柱面加工，如果选择平行于 *X* 轴的坐标轴作为回转轴 C 的等效直线轴时，利用圆柱面插补进行槽铣削加工的程序如下。

O0010；

N1 G00 Z100.0 C 0；　　（*Z*、*C* 轴在进刀点定位）

N2 U－100.0；　　（*X* 向进刀，增量编程）

N3 G01 W0 H0 F250；　　（将 G00 转为 G01 方式，以便进行圆柱面插补，实际无运动）

N4 G07.1 H 57.296；　　（生效圆柱面插补，定义圆柱半径为 $R=57.296$，增量编程）

N5 G01 G42 Z120.0；　　（*Z* 向绝对编程进刀，生效刀具半径补偿）

（以下为 *Z*、*C* 轴插补加工程序，由于圆柱半径定义为 $R=57.296$，故 *C* 轴可直接使用

角度进行编程)

N6 C30.0;

N7 G03 Z90.0 C60.0 R30.0

N8 G01 Z70.0

N9 G02 Z60.0 C70.0 R10.0

N10 G01 C150.0

N11 G02 Z81.97 C200.41 R75.0

N12 G01 Z98.03 C216.48

N13 G03 Z120.0 C269.51 R75.0

N14 G01 C360.0

N15 G40 Z100.0　　　(取消半径补偿,退出加工位置)

N16 G07.1 C0　　　(取消圆柱面插补)

N17 M30;

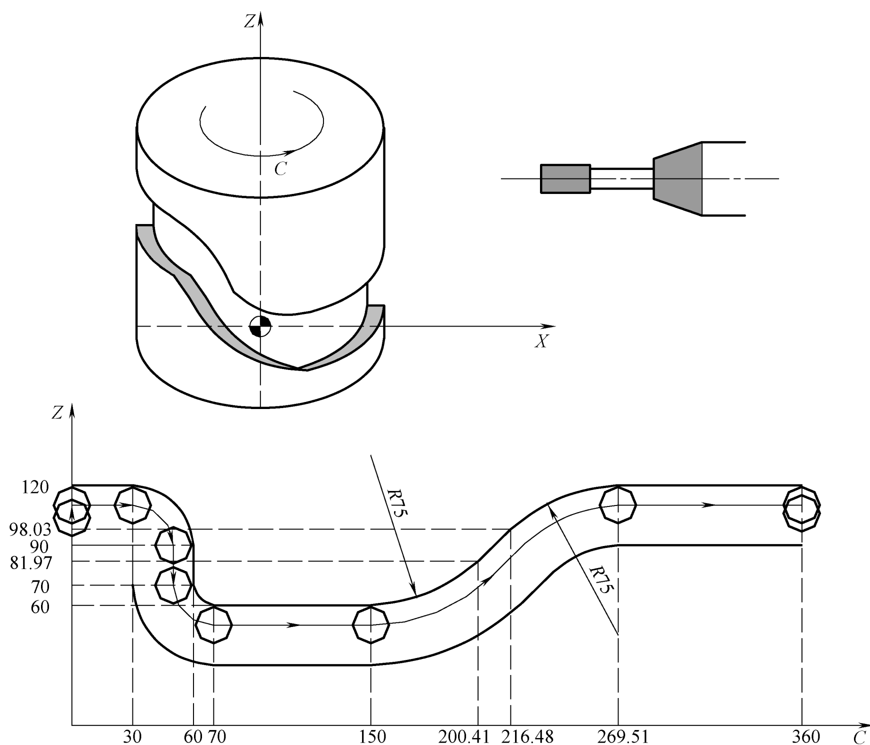


图 3.1-2　圆柱面插补编程

2. 极坐标插补

车削中心控制 FS-0iTD 的极坐标插补，完全不同于镗铣床控制 FS-0iMD 的极坐标编程。FS-0iMD 的极坐标编程只是利用 CNC 的自动计算功能，使得直角坐标系的位置，可以在加工程序中以极坐标直径、角度进行编程而已。FS-0iTD 的极坐标插补功能是使得回转轴可以像直角坐标系的直线轴一样进行编程。也就是说，极坐标编程是将程序中以直径、角度表示的位置，转换为实际机床的两个直线轴运动；而极坐标插补则是将程序中以直线轴表示的位

置，转换为实际机床的回转轴和直线轴运动。

FS-0iTD 的极坐标插补虚拟坐标轴，需要通过 CNC 参数 PRM5460、PRM5461 进行定义，以便 CNC 进行角度和直线位置的转换，但在加工程序中仍使用回转轴地址编程。例如，在车削中心上，回转轴 *C* 可以等效为平行于 *Y* 轴的虚拟直线轴，这样便可在虚拟的 *XY* 平面（G17）上进行铣削加工。

极坐标插补的生效与撤销可以通过如下指令进行。

G12. 1；或：

G112；（生效极坐标插补功能）

G13. 1；或：

G113；（撤销极坐标插补功能）

极坐标插补编程时需要注意以下几点：

1）极坐标插补功能生效时，实际的直线轴以现行的工件坐标系原点为原点，虚拟直线轴以 G12. 1 生效时的现行位置作为原点位置。

2）极坐标插补功能有效时，直线轴与虚拟轴间进行快速定位（G00）、直线插补、圆弧插补等，圆弧半径可使用半径 *R* 编程、也可使用 *I*、*J*、*K* 编程。

3）极坐标插补生效时，应取消刀具半径补偿，但在极坐标插补有效期间，可使用刀具半径补偿指令。

4）极坐标插补有效期间，不可使用工件坐标系的设定指令 G50、G92 等。

【例 3-5】 对于图 3. 1-3 所示的端面铣削加工，当选择平行于 *Y* 轴的坐标轴作为 *C* 轴虚拟直线轴时，利用极坐标插补铣削端面的加工程序。

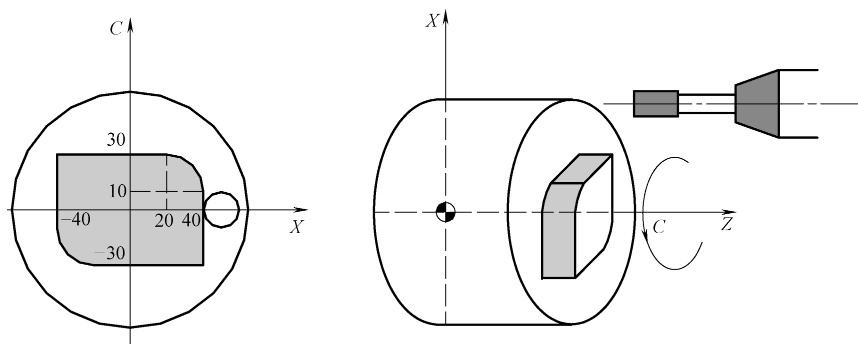


图 3. 1-3　极坐标插补编程

```
O0011；
…
N10 T0101；                 （刀具偏置生效）
…
N100 G00 G40 X120. 0 C0；   （取消半径补偿,X、C 定位到起始位置）
N101 G01 Z---F---；         （Z 向进入加工位置）
N200 G12. 1；               （生效极坐标插补）
N201 G42 G01 X40. 0；       （生效半径补偿,进行端面铣削加工）
N202 C10. 0；
```

```
N203 G03 X20.0 C30.0 R20.0;
N204 G01 X-40.0;
N205 C-10.0;
N206 G03 X-20.0 C-30.0 I 20.0 J0;
N207 G01 X40.0;
N208 C0;
N209 G40 X120;
N210 G13.1;                    （撤销极坐标插补）
…
```

3.2　普通车削固定循环

3.2.1　G90/G92/G94 简单固定循环

1. 固定循环说明

所谓固定循环，实质上是 CNC 生产厂家根据机床的典型加工动作，以子程序形式设计的指令集，这些子程序可通过 G 代码指令直接调用，故可大大缩短编程时间和简化程序。

调用固定循环的 G 代码指令称为固定循环指令，每一固定循环 G 代码指令都对应一组不同的加工动作，固定循环指令可通过给定不同的进给速度、加工深度、起点终点坐标等参数，改变加工位置和尺寸。

FS-0iTD 的固定循环分为普通车削循环与车削中心用循环两大类，前者为标准车削加工循环，其动作与早期的 CNC 相同，可用于数控车床；后者是用于车削中心、车铣复合加工中心的新功能，可用于端面、侧面的钻孔、攻螺纹、镗孔等加工，其动作与镗铣床控制用的 FS-0MiD 孔加工固定循环相似。

固定循环指令 G90/G92/G94、G80 ~ G89 为模态指令，它只要改变循环参数，就可以多次重复执行固定循环，利用这一功能，可通过一个程序段实现通常普通编程需要多个程序段才能完成的加工。

2. 指令格式与动作

在数控机床上，有些加工虽动作简单，但由于动作典型、使用频繁，故也被设计成固定循环指令，FS-0iTD 的 G90、G92、G94 即属于此类。G90 循环用于圆柱体类零件的内、外圆的车削加工；G92 循环用于直螺纹与锥螺纹车削加工；G94 循环用于端面车削加工。

固定循环指令 G90、G92、G94 的编程格式、参数和动作见表 3.2-1。表中的格式 1 用于圆柱加工、格式 2 用于圆锥加工，圆锥的方向改变可以通过改变 R 的符号实现。固定循环加工的起点位置，需要在执行固定循环指令前定位，改变循环加工起点或 X、Z、R 的值，即可改变加工轮廓。

如在代码体系 A 中使用增量编程，表 3.2-1 格式中的地址 *X*、*Z* 用地址 *U*、*W* 代替，*X*、*Z* 及 *U*、*W* 的含义见表 3.2-1 的动作示意图；如果采用直径编程，表 3.2-1 的动作示意图栏上的 *U* 值应为 *U*/2。

指令格式栏的 F，在 G90、G94 固定循环指令中为切削加工进给速度；但在 G92 螺纹加

工循环中，F 指定的是螺纹的导程，Z 轴的进给速度决定于螺纹导程和主轴转速。G92 螺纹加工的要求和编程注意点和 G32 指令相同。

表 3. 2-1　简单车削循环的指令格式与动作表

循环名称	指令格式及参数	动作示意图
内外圆车削循环	格式 1 G90 X□□Z□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点 Z/W：*Z* 轴加工终点 F：进给速度	
	格式 2 G90X□□Z□□R□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点位置 Z/W：*Z* 轴加工终点位置 R：锥度参数 F：进给速度	
螺纹切削循环	格式 1 G92 X□□Z□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点位置 Z/W：*Z* 轴加工终点位置 F：螺纹螺距(*L*)	
	格式 2 G92X□□Z□□R□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点位置 Z/W：*Z* 轴加工终点位置 R：锥度参数 F：螺纹螺距(*L*)	

（续）

循环名称	指令格式及参数	动作示意图
端面车削循环	格式 1 G94 X□□Z□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点位置 Z/W：*Z* 轴加工终点位置 F：进给速度	快速移动 切削进给 *X*　*W*(–)　1　2　4　3　*U*(–)　*X*　*Z*　*Z*
	格式 2 G94 X□□Z□□R□□F□□ X/U：*X* 轴加工终点位置 Z/W：*Z* 轴加工终点位置 R：锥度参数 F：进给速度	*X*　快速移动 切削进给 *R*　*W*　刀具　*U*　2　1　4　3　*X*　*Z*　*Z*

3. 使用要点

固定循环指令 G90、G92、G94 及指令中的 *X*(*U*)、*Z*(*W*)、*R* 都模态有效，如程序中没有给定新的坐标值，上次执行同一循环指令时的参数将保持有效。因此：

1）在含有固定循环指令的程序段中，如只有固定循环 G 指令代码，如“N20 G90;”等，或没有给定坐标值，执行循环指令将在原来的位置上，重复原循环动作。

2）固定循环指令中包含 M、S 指令时，固定循环和 M、S 机能可同时执行；由于 T 指令将影响刀具补偿，因此，执行 T 指令时通常应取消固定循环。

3）指令 G00/G01/G02/G03、G32 等和 G90、G92、G94 属于同组 G 代码，因此，执行 G00/G01/G02/G03、G32 将自动取消固定循环。

4. 编程实例

【例 3-6】 假设工件安装如图 3.2-1 所示，试用车削固定循环指令编制，在 $\phi56$ 棒料前端粗加工 $\phi24 \times 60$ 外圆的加工程序。

$\phi56$ 棒料加工成 $\phi24$ 外圆需要多次切削才能完成，为了简化程序，可使用 G90 外圆车削循环进行加工。假设加工时的主轴转速 *S* 为 500r/min、进给速度 *F* 为 100mm/min，循环以 *X* 轴离开外圆 2mm、*Z* 轴离开端面 6mm 的（30，80）点作为起点，每次切深为 4mm，其加工程序段如下：

O0012；

N1 G00 X30.0 Z80.0；

```
N2 S500 F100 M03;
N3 G90 U-4.0 W-66.0;
N4     U-8.0;
N5     U-12.0;
N6     U-16.0;
N7 M30;
```

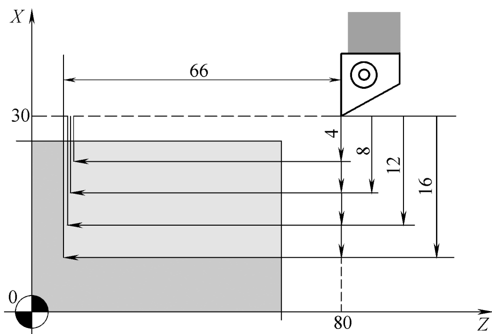


图 3.2-1 简单循环编程例

3.2.2 G70～G73 复合车削循环

数控车床加工零件时，有时需要直接从毛坯加工成型，在这种情况下，其切削余量一般较大，因此需要采用分步进给的方式逐步加工成型。G70～G73 复合车削循环就是用来实现这一加工要求的固定循环。

G70～G73 复合车削循环的加工轮廓需要通过其他程序段编程，固定循环的动作类似于循环调用子程序，执行循环可通过分步切入的方式使编程轨迹加工成型。因此，使用复合车削循环后，只需要编制一组描述编程轨迹（理论轮廓）的程序段，CNC 便可通过固定循环指令，自动实现从粗车到精车的全部加工过程，粗车时能够自动留出余量，程序的编制更为方便。

G70～G73 复合车削固定循环的指令格式与动作见表 3.2-2。

表 3.2-2 复合车削循环的指令格式与动作表

循环名称	指令格式及参数	动作示意图
外圆粗车循环	格式 G71 U $\underline{\Delta d}$ R $\underline{e}$ G71 P $\underline{N_s}$ Q $\underline{N_f}$ U $\underline{\Delta U}$ W $\underline{\Delta W}$ F $\underline{F}$ S $\underline{S}$ Δd：每次进刀量，无符号 e：退刀量 N_s：理论轮廓的起始程序段号 N_f：理论轮廓的结束程序段号 ΔU：X 轴方向精加工余量 ΔW：Z 轴方向精加工余量 F/S：进给速度/主轴转速	B A C Δd e ΔU A′ ΔW 快速进给 切削进给 程序轨迹（下同）

（续）

循环名称	指令格式及参数	动作示意图
端面粗车循环	格式 G72 W $\underline{\Delta d}$ R $\underline{e}$ G72 P $\underline{N_s}$ Q $\underline{N_f}$ U $\underline{\Delta U}$ W $\underline{\Delta W}$ F $\underline{F}$ S $\underline{S}$ Δd：每次进刀量，无符号 e：退刀量 N_s：理论轮廓的起始程序段号 N_f：理论轮廓的结束程序段号 ΔU：X 轴方向精加工余量 ΔW：Z 轴方向精加工余量 F/S：进给速度/主轴转速	Δd A′ A C e B ΔU ΔW
重复粗车循环	格式 G73 U $\underline{\Delta i}$ W $\underline{\Delta k}$ R $\underline{D}$ G73 P $\underline{N_s}$ Q $\underline{N_f}$ U $\underline{\Delta U}$ W $\underline{\Delta W}$ F $\underline{F}$ S $\underline{S}$ Δi：X 轴总进刀量 Δk：Z 轴总进刀量 D：进给次数 N_s：理论轮廓的起始程序段号 N_f：理论轮廓的结束程序段号 ΔU：X 轴方向精加工余量 ΔW：Z 轴方向精加工余量 F/S：进给速度/主轴转速	$\Delta K+\Delta W$ ΔW $\Delta i+\Delta U$ C A ΔU B A′ ΔU ΔW

1. 外圆粗车循环 G71

G71 循环可用于棒料的直接成型，其成型加工通过径向（X 轴）分步进刀现实，每次的进刀量可通过循环参数（Δd）指定；加工完成后，能够自动在半径方向（X 轴）保留 ΔU、轴向（Z 轴）保留 ΔW 的精加工余量。

G71 需要通过如下两个连续程序段，定义循环动作和循环参数：

G71 U $\underline{\Delta d}$　R $\underline{e}$；

G71 P $\underline{N_s}$　Q $\underline{N_f}$　U $\underline{\Delta U}$　W $\underline{\Delta W}$　F $\underline{f}$　S $\underline{s}$　T $\underline{t}$；

1）第一程序段：指定固定循环的每次进刀量 Δd 和退刀量 e，退刀量 e 是后一次加工和前一次切削轮廓重叠部分的尺寸。Δd、e 是模态有效参数，并可根据指令的 A—A'轮廓，自动选择方向，不需要指定符号；Δd、e 也通过 CNC 参数进行设定。

2）第二程序段：选择加工轮廓，指定精加工余量和 F、S、T。参数作用如下：

N_S：理论轮廓的开始程序段号；

N_f：理论轮廓的结束程序段号；

ΔU：X 向精加工余量；

ΔW：Z 向精加工余量；

f、s、t：执行 G71 循环的进给速度、主轴转速、刀具及刀补号。

用来指定理论轮廓的程序段（$N_s \sim N_f$），不能编入子程序调用指令，粗加工循环也不需要考虑的精加工的余量。

2. 端面粗车循环 G72

G72 循环同样可用于棒料的直接成型，其作用、编程格式、成型过程和 G71 类似，但成型加工通过轴向（Z 轴）分步进刀实现，每步的进刀量可通过循环参数（Δd）指定；加工完成后，同样能够在半径方向（X 轴）保留 ΔU、轴向（Z 轴）保留 ΔW 的精加工余量。

3. 重复切削循环 G73

G73 循环可用于锻件、铸件等具有初步外形的毛坯成型加工，成型加工时，径向（X 轴）和轴向（Z 轴）可同时分步进刀，总进刀量分别为 Δi（X 向）、Δk（Z 向），加工完成后，能够自动在半径方向（X 轴）保留 ΔU、轴向（Z 轴）保留 ΔW 的精加工余量。

G73 也需要通过两个连续程序段，定义循环动作和循环参数，它和 G71、G72 的区别仅在于第一程序段，其编程格式如下：

G73 U $\underline{\Delta i}$ W $\underline{\Delta k}$ R $\underline{D}$；

指令中的循环参数作用如下。

Δi：X 向总进刀量和方向；

Δk：Z 向总进刀量和方向；

D：进给次数。

Δi、Δk、D 同样是模态参数，它们也可通过 CNC 参数设定。

4. 精车循环 G70

精车循环 G70 用于去除 G71、G72、G73 粗车循环所保留的加工余量，为了完成精车动作，G70 指令的编程格式如下：

G70 P $\underline{N_s}$ Q $\underline{N_f}$；

N_s：理论轮廓的开始程序段号；

N_f：理论轮廓的结束程序段号。

执行 G70 精车循环时，G71、G72、G73 指令的 F、S、T 将无效，其 F、S、T 值直接在程序段 $N_s \sim N_f$ 上编程。

5. 使用要点

1）G71、G72、G73 的加工轮廓需要通过其他程序段编程，为了防止程序的重复执行，用来指定理论轮廓的程序段 $N_S \sim N_f$，一般应编制在粗加工循环指令之后，且不能编入子程序调用指令。

2）G71、G72、G73 指令的 Δd、ΔU 都用地址 U 指定，CNC 需要根据 G71、G72、G73 程序段上是否有 P、Q，来自动区分 Δd、ΔU。

3）G71、G72、G73 循环需要在程序段上指定 F、S、T 参数，用来指定理论轮廓的程序段 $N_s \sim N_f$ 上所编程的 F、S、T 对 G71、G72、G73 循环加工无效。

4）改变 G71、G72、G73 指令上的 ΔU、ΔW 值，可改变 A、B、A'点的相对位置，从而改变粗加工轨迹。

6. 编程实例

【例 3-7】 假设加工要求和工艺参数如下：

1）粗加工：采用固定循环加工，主轴转速 500r/min，进给速度 150mm/min；一次进刀量为 X 方向 3.5mm；精加工余量 0.5mm（径向、轴向相同）。

2）精加工：主轴转速 800r/min，进给速度 120mm/min。

3）采用 G 代码体系 A，公制半径编程；使用 1 号刀具，1 号刀补。

试利用复合固定循环 G71、G70，编制实现图 3.2-2 所示、用直径为 ϕ140 棒料直接加工成型的加工程序。

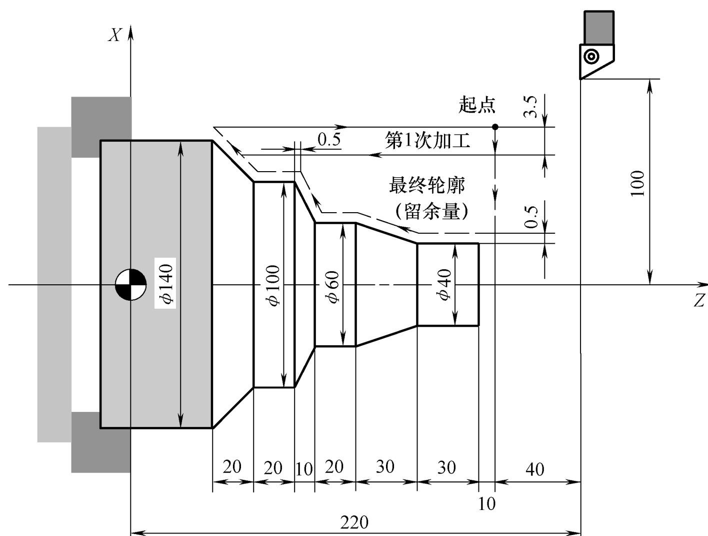


图 3.2-2　复合固定循环的编程 1

加工程序如下：

```
O0013;
N1 G00 G98 G21;                      (选择每分进给、公制尺寸)
N2 T0101;                            (指定 1 号刀具、刀补号)
N10 G50 X100.0 Z220.0;               (设定工件坐标系)
N11 G00 X72.0 Z180.0 M03;            (快速移动到循环起始点,主轴正转)
N12 G71 U3.5 R1.0;                   (指定进刀量 Δd,退刀量 e)
N13 G71 P14 Q20 U0.5 W0.5 S500 F150; (指定理论轮廓程序段、精加工余量、切削参数)
N14 G00 X20.0 S800 F120;             (指定精加工切削参数和理论轮廓)
N15 G01 W-40.0;
N16 X30.0 W-30.0;
N17 W-20.0;
N18 X50.0 W-10.0;
N19 W-20.0;
N20 X72.0 W-22.0;
```

N21 G70 P14 Q20;　　　　　　(选择 G70 循环,进行精加工)
N22 G00 X100.0 Z220.0 M05;　　(刀具返回,主轴停止)
N23 M30;　　　　　　　　　　(程序结束)

【例 3-8】 假设工艺参数同上例，试编制利用复合固定循环 G70、G72 完成图 3.2-3 所示棒料直接成型的零件加工程序。

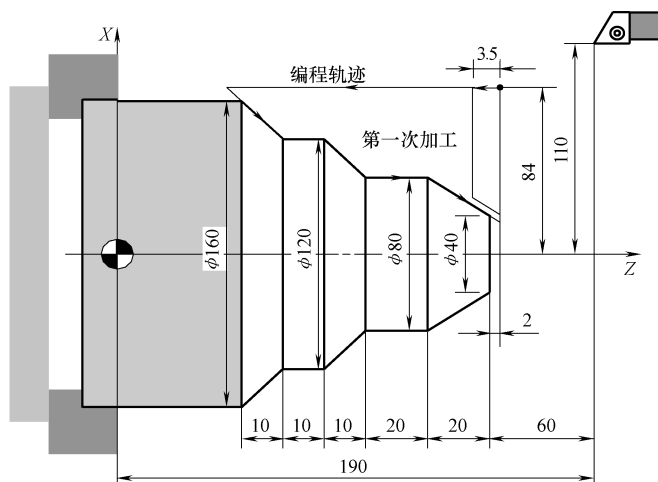


图 3.2-3　复合固定循环的编程 2

加工程序如下:

O0014;
N1 G00 G98 G21;
N2 T0101;
N10 G50 X110.0 Z190.0;
N011 G00 X84.0 Z132.0 M03;
N012 G72 W3.5 R1.0;
N013 G72 P014 Q019 U0.5 W0.5 S500 F150;
N014 G00 Z58.0 S800 F120;
N015 G01 X60.0 W12.0;
N016 W10.0;
N017 X40.0 W10.0;
N018 W20.0;
N019 X18.0 W22.0;
N020 G70 P014 Q019;
N021 G00 X110.0 Z190.0 M05;
N022 M30;

【例 3-9】 假设工艺参数同上例，试编制利用复合固定循环 G70、G73 完成图 3.2-4 所示锻件直接成型的零件加工程序。

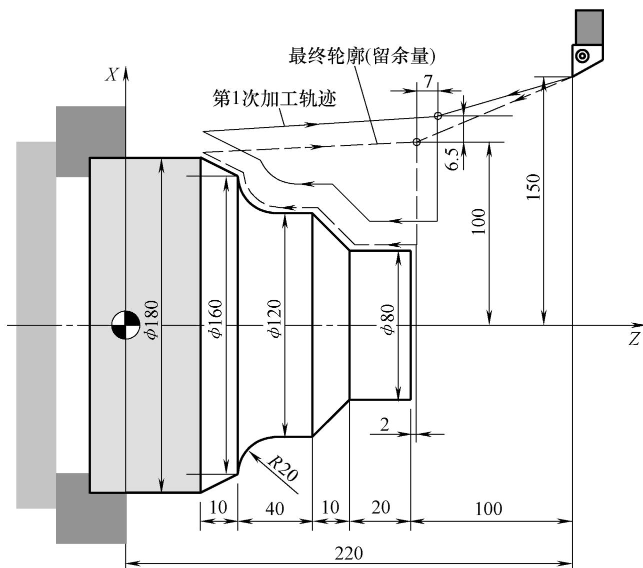


图 3.2-4　复合固定循环的编程 3

加工程序如下：

```
O0015;
N1 G00 G98 G21;
N2 T0101;
N010 G50 X150.0 Z220.0;
N011 G00 X100.0 Z122.0 M03;
N012 G73 U6.0 W6.0 R3.0;
N013 G73 P014 Q019 U0.5 W1.0 S500 F150;
N014 G00 X40.0 S800 F120;
N015 G01 W-22.0;
N016 X60.0 W-10.0;
N017 W-20.0 S400;
N018 G02 X80.0 W-20.0 R20.0;
N019 G01 X90.0 W-10.0;
N020 G70 P014 Q019
N021 G00 X150.0 Z220.0 M05;
N022 M30;
```

由于程序中指定的 *X*、*Z* 方向 3 次进刀的总进刀量都为 6mm，精加工余量为 *X* 方向 0.5mm、*Z* 方向 1mm，因此，第一次切削的起点在离编程轨迹起点径向 6.5mm、轴向 7mm 的位置，*X*、*Z* 方向的每次进刀量都为 2mm。

3.2.3　G74 ~ G76 车削循环

1. 断屑加工循环 G74

固定循环 G74 可进行外圆车削时的断屑处理，或用于端面的深孔钻削加工。指令的编

程格式如下：

G74 R $\underline{e}$；

G74 X $\underline{X}$ Z $\underline{Z}$ P $\underline{\Delta i}$ Q $\underline{\Delta k}$ R $\underline{\Delta d}$ F $\underline{f}$；

指令中各参数的意义如下。

e：Z 轴每次进给完成后的回退量；

X：B 点的 X 坐标值（使用 U 时为 A 到 B 的 X 轴增量距离）；

Z：C 点的 Z 坐标值（使用 W 时为 A 到 C 的 Z 轴增量距离）；

Δi：外圆加工时的 X 方向分步进给量；

Δk：Z 方向的每步进给量；

Δd ：外圆加工时的 X 轴方向退刀量；

f：进给速度。

两个程序段中的 e、Δd 都用地址 R 指定，CNC 可根据程序段是否含有 X 或 U，判断 R 的意义，如程序段中含有 X 或 U，地址 R 代表 Δd。

固定循环 G74 的动作如图 3.2-5 所示，其 Z 方向的切削进给分步进行，每次进给 Δk 后，需要有回退动作进行断屑。如指令中含有 X 或 U、P，则每次完成 Z 方向分步进给后，还可以进行 X 方向的分步进给，完成外圆加工；如指令中不编制 X、U、P，则只有 Z 方向分步进给动作，故可用于端面深孔钻削加工。

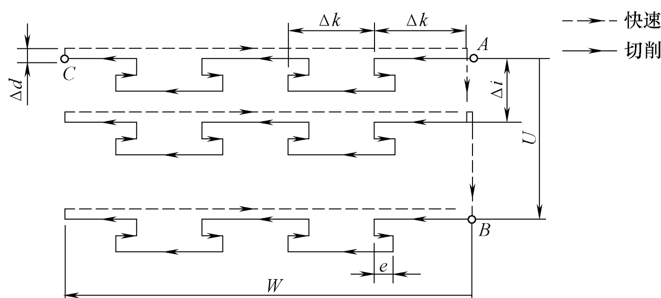


图 3.2-5　断屑加工固定循环 G74 的动作

如果分步进给量 Δi、Δk 不为 U、W 的整数倍时，最后一次切削的进给量自动取加工到 U、W 尺寸的剩余值。

2. 内外圆切槽循环 G75

切槽循环 G75 的编程指令格式和 G74 相同，但 X 方向和 Z 方向的进给运动对调，循环动作如图 3.2-6 所示。

如果切槽用的刀具和槽宽一致，加工时中不需要进行 Z 方向的进给，故指令 G75 中不需要编制 Z、W、Q 值。

3. 复合螺纹车削循环 G76

复合螺纹车削循环 G76 用于分级进给螺纹加工，指令的编程格式如下：

G76 P $\underline{m}$ $\underline{r}$ $\underline{a}$ Q $\underline{\Delta d_{min}}$ R $\underline{d}$；

G76 X $\underline{X}$ Z $\underline{Z}$ R $\underline{i}$ P $\underline{k}$ Q $\underline{\Delta d}$ F $\underline{L}$；

指令中各参数的意义如下：

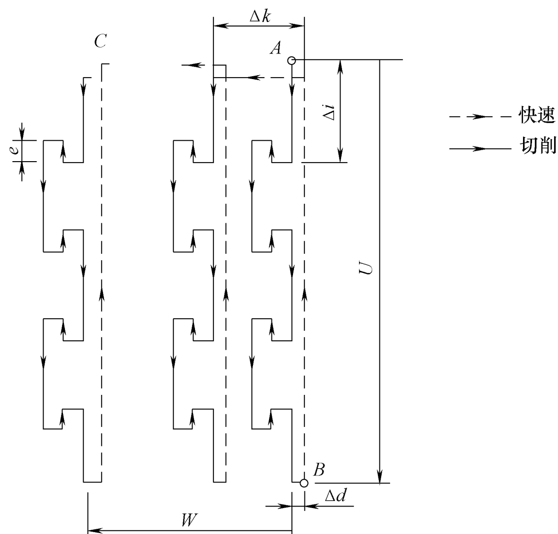


图 3.2-6　切槽循环 G75 的动作

m：重复精加工次数 01 ~ 99。

r：螺纹倒角量，如第 2 程序段上的 L 定义为导程，01 ~ 99 代表倒角量为 0.1 ~ 9.9L。

a：螺纹角度，可选择 80°，60°，55°，30°，29°，0°共 6 种角度。

以上 m、r、a 应在同一地址 P 下一起指定。例如，当 $m=2$、$r=1.2L$、$a=60°$时，指令中的 P 应定义为 P021260 等。

Δd_{min}：最小切深。螺纹切削时的进给量依次递减，当切入量（$\Delta d\times\sqrt{N}-\Delta d\times\sqrt{N-1}$）小于 Δd_{min}时，以 Δd_{min}作为每次的切入量。

d：精加工余量。

i：锥螺纹的半径差，当 $i=0$ 时为直螺纹。

k：螺纹牙深（X 方向深度，用半径指定）。

Δd：第一次切入量。

F：螺纹导程（同 G32 的螺纹切削）。

G76 固定循环的动作如图 3.2-7 所示，其分级进给量自动递减，如第一次切入量为 Δd，

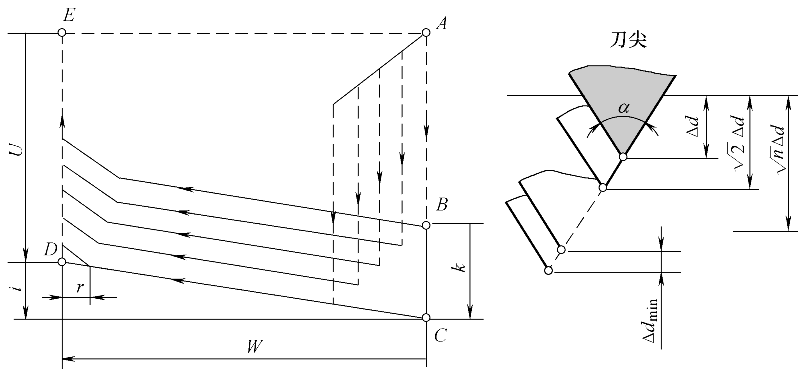


图 3.2-7　复合螺纹切削循环的动作

则第 N 次的切削量为 $\Delta d\sqrt{N}-\Delta d\sqrt{N-1}$，但最小不能少于 Δd_{min}。通过根据循环的起点、终点位置，G76 可以有四种不同的加工轨迹，以适应内外螺纹、锥螺纹的加工。螺纹切削加工的注意事项与 G32、G92 指令相同。

【例 3-10】 对于图 3.2-8 所示的螺纹切削加工，在半径编程方式下，利用 G76 指令编程的程序如下：

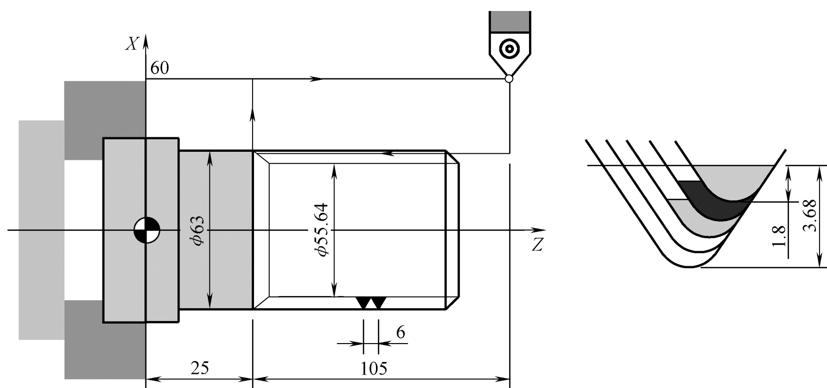


图 3.2-8 螺纹切削加工

```
O0016;
N1 G00 G98 G21;
N2 T0101;
N3 S500 M03;
N4 G50 X60 Z130;
N5 G76 P021060 Q0.1 R0.2;             (取 m=2、r=L,α=60°)
N6 G76 X30.32 Z25 P3.68 Q1.8 F6.0;    (循环参数)
N7 G00 X60 Z130 M05;
N8 M30;                               (程序结束)
```

3.3 车削中心孔加工固定循环

3.3.1 基本说明

1. 编程指令

当 FS-0iTD 用于车削中心、车铣复合加工中心控制时，可通过动力刀具进行端面、侧面的钻孔、镗孔、攻螺纹加工，编程时可以利用孔加工固定循环简化程序。

孔加工固定循环分端面加工和侧面加工两类。端面加工时，以 X、C 轴为定位平面、Z 轴为进给轴；侧面加工时，以 Z、C 轴为定位平面、X 轴为进给轴。两类固定循环各分钻孔、攻螺纹和镗孔 3 种加工动作，其编程指令见表 3.3-1。

2. 循环动作

端面和侧面孔加工固定循环虽然定位平面、进给轴不同，但其基本动作相同，固定循环一般包括图 3.3-1 所示的六步动作。

表3.3-1　端面孔加工固定循环动作一览表

类别	G代码	用途	加工动作	孔底部动作	退出动作
端面、侧面	G80	撤销循环	—	—	—
端面加工	G83	钻孔循环	分级进给	暂停	快速进给
	G84	攻螺纹循环	切削进给	暂停、主轴反转	切削进给
	G85	镗孔循环	切削进给	—	切削进给
侧面加工	G87	钻孔循环	分级进给	暂停	快速进给
	G88	攻螺纹循环	切削进给	暂停、主轴反转	切削进给
	G89	镗孔循环	切削进给	—	切削进给

动作1：定位平面快速定位；

动作2：进给轴快速移动到参考平面 *R*；

动作3：进给轴切削进给，进行孔加工；

动作4：执行孔底部动作；

动作5：进给轴退出；

动作6：进给轴轴快速回到起始位置。

对于端面孔加工循环G83/G84/G85，上述的定位平面为 *XC* 平面，进给轴为 *Z* 轴；对侧面加工循环G87/G88/G89，其定位平面为 *ZC* 平面，切削进给轴为 *X* 轴。

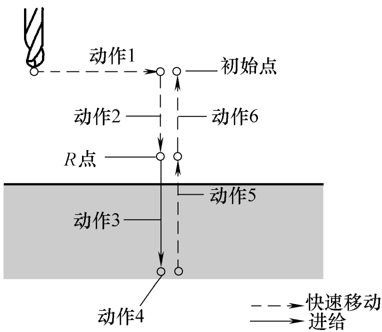


图3.3-1　孔加工固定循环的动作

3. 基本参数

孔加工固定循环指令上的基本参数定义方法如下。

（1）绝对/增量编程

绝对/增量编程对固定循环同样有效，在代码体系A中，地址X/Z/C指定绝对位置，地址U/W/H指定增量尺寸；在代码体系B、C中，使用G90/G91指令选择绝对/增量编程方式。绝对/增量编程不仅影响定位平面定位，而且对进给轴也将产生图3.3-2所示的影响，图为端面孔加工的情况；侧面加工类似，但参考平面 *R* 的位置必须为半径编程，孔底平面可采用直径或半径编程。

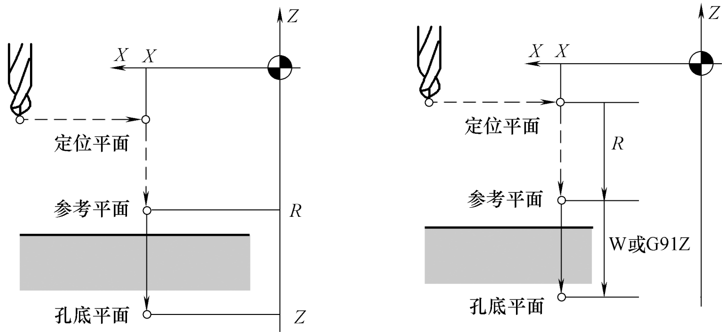


图3.3-2　绝对/增量编程的影响

（2）返回平面

完成底平面动作后，进给轴的返回位置称为返回平面。在不同的代码体系中，返回平面

的位置指定方法有所不同。在代码体系 A 上，返回平面通过 CNC 参数 PRM5161.1 设定选择，设定 0 时，返回到定位平面；设定 1 时，返回到参考平面 *R*。在代码体系 B、C 上，返回平面通过指令 G98/G99 选择，G98 返回到定位平面，G99 返回到参考平面 *R*。

（3）模态参数

孔加工固定循环指令的参数均模态有效，它们一旦被指定，在指令 G80 取消固定循环前都保持有效。因此，进行连续孔加工时，除第一条循环指令需要指令全部参数外，其余循环指令只需定义变更的参数。

4. 特殊参数

孔加工固定循环指令上的特殊参数定义方法如下。

（1）*C* 轴夹紧

车削中心的定位平面总是包含主轴 *C*，为了保证可靠定位，孔加工时 *C* 轴必须夹紧。执行孔加工固定循环时，*C* 轴夹紧信号在进给轴快速向参考平面 *R* 运动时输出，夹紧信号为 CNC 参数 PRM5110 定义的 M 代码（一般为 M31），这一 M 代码需要在循环指令上编程；*C* 轴松开信号在进给轴退至参考平面 *R* 时输出，松开信号为夹紧 M 代码的下一个 M 代码（一般为 M32），松开的 M 代码可自动生成，不需要编程。

（2）重复加工

固定循环可通过参数 K 指定重复加工次数，它用于增量编程，以实现等距孔的加工；如果在绝对编程方式使用，则在同一位置重复加工动作，其加工无实际意义。

由于车削中心固定循环的编程、使用方法，除了定位平面不同外，其他与铣床、加工中心完全一致，因此，在本节中不再列举编程实例，需要时可参照第 4 章、FS-0iMD 编程中的相关内容。

3.3.2 G83/G87 钻孔循环

G83/G87 是用于普通钻孔、深孔加工的多用途循环，G83 用于端面加工、G87 用于侧面加工，两者除定位平面、进给轴不同外，动作无区别。指令在不同场合的编程方法如下。

1. 普通钻孔

循环 G83/G87 用于普通钻孔加工时的指令格式为：

G83 X __ C __ Z __ R __ P __ F __ K __ M __；（端面）

G87 Z __ C __ X __ R __ P __ F __ K __ M __；（侧面）

指令中各代码的作用依次如下：

X/C（端面）或 Z/C（侧面）：孔中心位置；

Z（端面）或 X（侧面）：孔底平面的位置（孔深尺寸）；

R：参考平面位置；

P：孔底暂停时间；

F：切削进给速度；

K：重复执行循环的次数；

M：C 轴夹紧的 M_{α} 代码。

循环动作如图 3.3-3 所示。

$M_{(\alpha+1)}$ 为 CNC 自动输出的 C 轴松开 M 代码，P_2 为 CNC 参数 PRM5111 设定的 *C* 轴松开

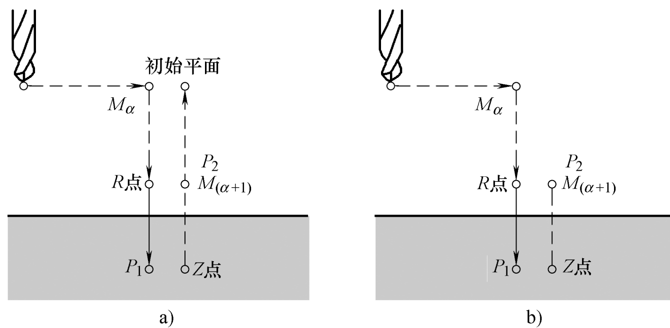


图 3. 3-3 普通钻孔

a）返回定位平面 b）返回参考平面

等待时间，这两个循环参数无需编程。

2. 深孔加工

循环 G83/G87 用于深孔加工的指令格式如下：

G83 X __ C __ Z __ R __ Q __ P __ F __ K __ M __；（端面）

G87 Z __ C __ X __ R __ Q __ P __ F __ K __ M __；（侧面）

深孔加工的切削进给需要分级、多次进给完成，一次进给完成后的回退动作可以通过 CNC 参数 PRM5101. 2 的设定选择，设定 1 时，每次进给完成后都退至参考平面，执行如图 3. 3-4 所示的普通深孔加工；设定 0 时，每次进给完成后只退出 CNC 参数设定的值，执行如图 3. 3-5 所示的高速深孔加工。

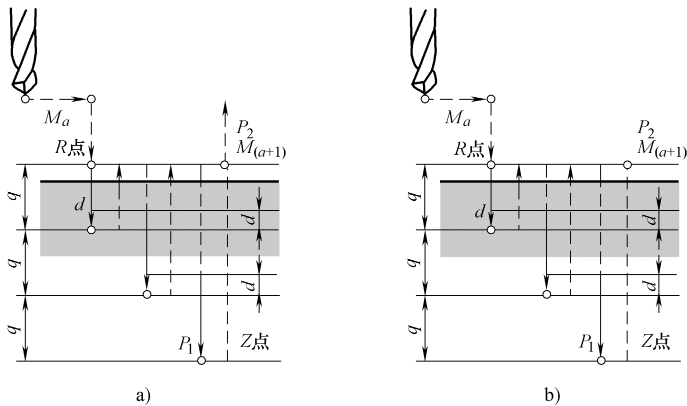


图 3. 3-4 普通深孔加工

a）返回定位平面 b）返回参考平面

3. 3. 3 G84/G85/G88/G89 攻螺纹与镗孔循环

1. 攻螺纹循环

G84/G87 指令可用于普通攻螺纹和刚性攻螺纹，G84 用于端面加工、G88 用于侧面加工，两者除定位平面与进给轴不同外，其他动作无区别。指令在不同场合的编程方法如下。

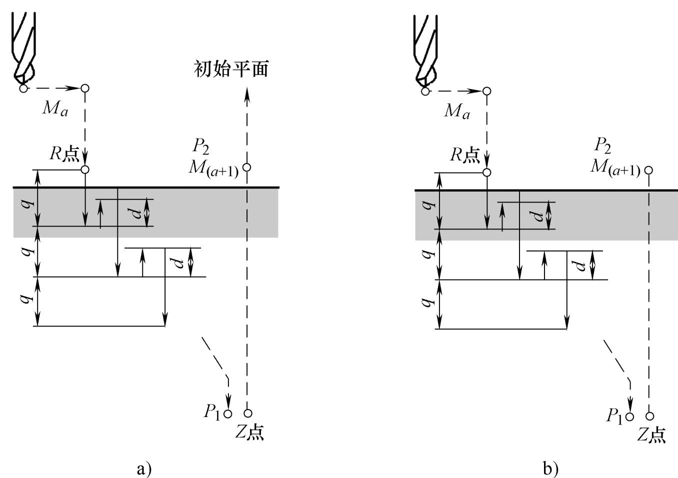


图 3. 3-5 高速深孔加工
a）返回定位平面 b）返回参考平面

（1）普通攻螺纹加工

普通攻螺纹加工的 G84/G87 指令编程格式如下：

G84 X __ C __ Z __ R __ P __ F __ K __ M __；（端面）

G88 Z __ C __ X __ R __ P __ F __ K __ M __；（侧面）

指令中各代码的作用与钻孔循环同。

执行攻螺纹循环时，CNC 可自动在定位平面定位时输出主轴正转信号 M03，进给到孔底平面时，自动输出主轴反转信号 M04；当进给轴返回到参考平面 *R* 后，主轴恢复正转。攻螺纹循环执行期间，操作面板上的进给倍率调节、进给保持按键一般无效。

普通攻螺纹加工的循环动作如图 3. 3-6 所示。

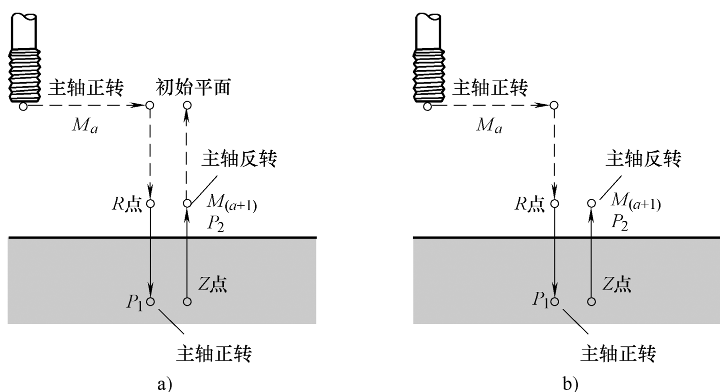


图 3. 3-6 普通攻螺纹
a）返回定位平面 b）返回参考平面

（2）刚性攻螺纹

刚性攻螺纹与普通攻螺纹在控制上的区别在于：普通攻螺纹需要通过 CNC 的 M03、

M04代码实现主轴的正反转，主轴和进给轴的动作可能存在短时间不同步，故需要用柔性攻螺纹夹头补偿失步；采用刚性攻螺纹后，CNC将通过改变主轴转速给定的极性控制主轴正反转，因此，即使在加减速时，仍然能保证主轴与进给轴之间的同步。刚性攻螺纹的指令格式、循环动作与普通攻螺纹完全相同，但执行刚性攻螺纹前，必须通过指令M29S□□□□定义刚性攻螺纹方式。

2. 镗孔循环

指令G85/G89可用于镗孔、铰孔加工，G85用于端面加工、G89用于侧面加工，两者除定位平面与进给轴不同外，其他动作无区别。指令的编程方法如下。

G85 X __ C __ Z __ R __ P __ F __ K __ M __；（端面）

G89 Z __ C __ X __ R __ P __ F __ K __ M __；（侧面）

指令中各参数的作用与钻孔循环同，循环动作如图3.3-7所示。

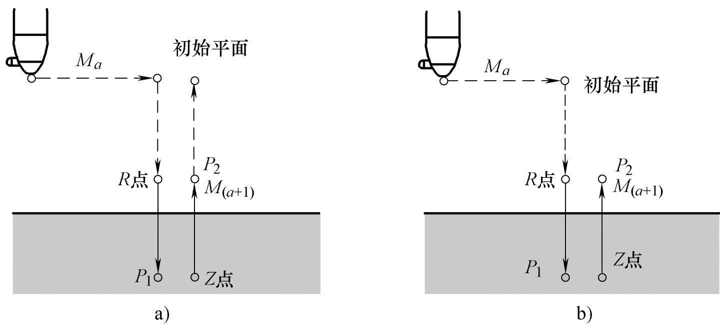


图3.3-7　镗孔加工
a）返回定位平面　b）返回参考平面

镗孔循环与钻孔循环的区别在于：镗孔循环加工到底部后，进给轴以切削进给方式（G01）返回，而在钻孔加工时，返回为快速，其余完全相同。

3.4　自动倒角与蓝图编程

3.4.1　自动倒角

自动倒角同样是用于简化编程的功能，FS-0iTD的自动倒角包括直线倒角和圆弧倒角，其功能较为简单，使用受以下几方面限制。

1）倒角只能在直线插补（G01）段间进行，直线和圆弧的连接段不能进行倒角。

2）只能对90°连接线进行倒角，不能用于斜线连接段的倒角。

3）不能用于螺纹加工程序段。

1. 直线倒角

直线倒角用于*XZ*平面上的90°轮廓倒角，其指令格式如下：

1）*Z*→*X*轴过渡：G01 Z（W） *z* I（C） *i*；

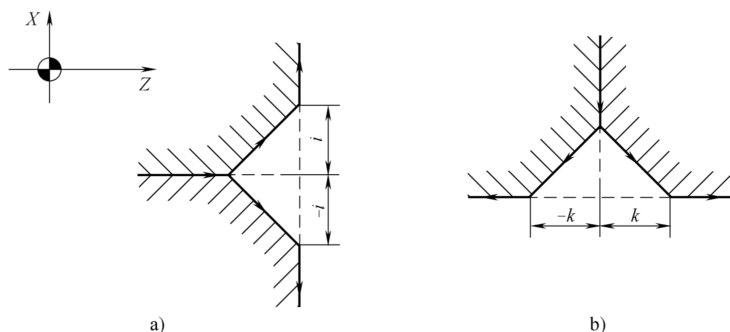


图 3.4-1　直线倒角

指令中的 *I* 为图 3.4-1 中的倒角尺寸，如下一程序段为 *X* 轴正向运动，I(C) 为正，反之为负。对于无 *C* 轴控制的数控车床，如设定 CNC 参数 PRM 3405.4 =1，地址 I 可由 C 代替。

2）*X*→*Z* 轴过渡：G01 X(U) $\underline{x}$　K(C) $\underline{k}$；

指令中的 K 为倒角尺寸，其定义方法与 I 相同，如果下一程序段为 Z 正向运动，K(C) 为正，反之为负。对于无 *C* 轴控制的数控车床，如设定 CNC 参数 PRM 3405.5 =1，地址 K 同样可由 C 代替。

2. 圆弧倒角

圆弧倒角同样只能用于 *XZ* 平面上的 90°轮廓，其使用条件与直线倒角相同，指令的编程格式如下：

Z→*X* 轴过渡：G01 Z（W）$\underline{z}$　R　$\underline{r}$；

X→*Z* 轴过渡：G01 X（U）$\underline{x}$　R　$\underline{r}$；

指令中的 *R* 为圆角半径，其定义方法如图 3.4-2 所示。如果下一程序段为 *X* 或 *Z* 的正向运动，*R* 为正值；反之为负。

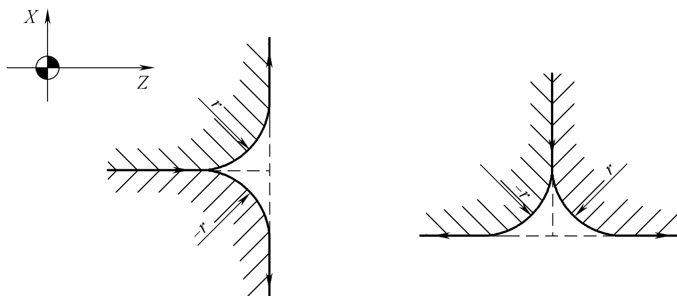


图 3.4-2　圆弧倒角

3. 编程实例

【例 3-11】 对于图 3.4-3 所示的工件加工，在半径编程方式下，利用倒角功能编程的程序如下：

```
O0017;
N1 G00 G98 G21;
N2 T0101;
N3 S1200 F100 M03;
N4 G00 X8.0 Z52.0;
N5 G01 Z 25.0 R5.0;
N6 X20.0 K-3.0;
N7 Z0;
N8 M30;
```

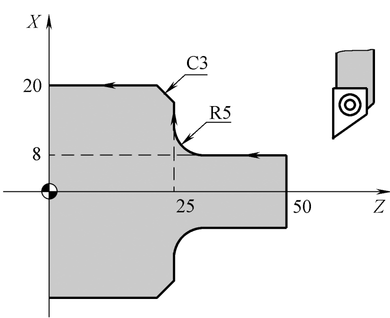


图 3.4-3 倒角编程例

3.4.2 蓝图编程

1. 基本说明

蓝图编程亦称“直接图纸尺寸编程”，这是一种利用角度和点定义加工轮廓的一种编程方法。蓝图编程的指令较复杂，通常应利用图形显示功能，根据提示输入参数，由 CNC 自动生成加工程序段。

蓝图编程时，轮廓的交点可用坐标值或角度定义，并能进行多点连接。蓝图编程能够通过一个程序段，描述多条直线或圆弧的连接轮廓；直线与直线的连接既可以是尖角、也可是圆弧或直线倒角；因此，这种编程方式可提高编程效率、简化指令。

FS-0iTD 的蓝图编程，以 +Z 向为角度 A 的 0°方向，逆时针旋转角度为正。

FS-0iTD 的蓝图编程受以下条件的限制。

1）除 G04 外的 00 组 G 代码、01 组的 G02/G03 和车削循环 G90/G92/G94 指令，不能在与蓝图编程相关的程序段中使用。

2）螺纹加工不可使用蓝图编程。

3）蓝图编程本身可实现倒角，因此不能再使用自动倒角编程指令。

4）如蓝图编程的程序段终点需要通过对下一程序段的计算后得到，这样的程序段不能进行单段运行。

2. 轮廓定义

在基本平面 *ZX* 内，FS-0iTD 可利用表 3.4-1 中的 8 种方式定义轮廓，通过这些基本轮廓的组合，便可描述加工轨迹。

表 3.4-1 基本轮廓的定义

方式	指令格式	轮廓形状
1	X $\underline{x_2}$,A $\underline{a}$ 或: Z $\underline{z_2}$,A $\underline{a}$	X (x_2, z_2) a (x_1, z_1) Z

（续）

方式	指令格式	轮廓形状
2	,A a_1 ; X x_3 Z z_3 ,A a_2	
3	X x_2 Z z_2 ,R r_1 ; X x_3 Z z_3 或： ,A a_1 ,R r_1 ; X x_3 Z z_3 ,A a_2	
4	X x_2 Z z_2 ,C c_1 ; X x_3 Z z_3 或： ,A a_1 ,C c_1 ; X x_3 Z z_3 ,A a_2	
5	X x_2 Z z_2 ,R r_1 ; X x_3 Z z_3 ,R r_2 ; X x_4 Z z_4 或： ,A a_1 ,R r_1 ; X x_3 Z z_3 ,A a_2 ,R r_2 ; X x_4 Z z_4	
6	X x_2 Z z_2 ,C c_1 ; X x_3 Z z_3 ,C c_2 ; X x_4 Z z_4 或： X x_2 Z z_2 ,C c_1 ; X x_3 Z z_3 ,A a_2 ,C c_2 ; X x_4 Z z_4	

（续）

方式	指令格式	轮廓形状
7	X $\underline{x_2}$ Z $\underline{z_2}$,R $\underline{r_1}$; X $\underline{x_3}$ Z $\underline{z_3}$,C $\underline{c_2}$; X $\underline{x_4}$ Z $\underline{z_4}$ 或： ,A $\underline{a_1}$,R $\underline{r_1}$; X $\underline{x_3}$ Z $\underline{z_3}$,A $\underline{a_2}$,C $\underline{c_2}$; X $\underline{x_4}$ Z $\underline{z_4}$;	X (x_3,z_3) c_2 (x_4,z_4) a_2 r_1 a_1 (x_2,z_2) (x_1,z_1) Z
8	X $\underline{x_2}$ Z $\underline{z_2}$,C $\underline{c_1}$; X $\underline{x_3}$ Z $\underline{z_3}$,R $\underline{r_2}$; X $\underline{x_4}$ Z $\underline{z_4}$ 或： ,A $\underline{a_1}$,C $\underline{c_1}$; X $\underline{x_3}$ Z $\underline{z_3}$,A $\underline{a_2}$,R $\underline{r_2}$; X $\underline{x_4}$ Z $\underline{z_4}$	X (x_3,z_3) (x_4,z_4) r_2 a_2 (x_2,z_2) c_1 a_1 (x_1,z_1) Z

蓝图编程需要注意以下基本问题：

1）程序段中的角度 A、倒角 C、圆角 R 前需要加符号“,”，如“，A $\underline{a}$;”、“，C $\underline{c}$;”或“，R $\underline{r}$;”等。

2）蓝图编程方式 1 是通过角度 A 和点来定义 1 个直线段，直线通过指令“X $\underline{x}$ ，A $\underline{a}$;”指定时，角度 A 的取值范围不可以为 0 ± 1°或 180 ± 1°；通过指令“Z $\underline{z}$ ，A $\underline{a}$;”指定时，角度 A 的取值范围不可以为 90 ± 1°或 270 ± 1°。

3）蓝图编程方式 2 是通过 2 个角度，来定义 2 个连续直线段；蓝图编程方式 3 ~ 4 是通过角度和倒角 C、角度和圆角 R，来定义 3 个连续段；蓝图编程方式 5 ~ 8 是通过 2 个角度、2 个倒角，来定义 5 个连续段；它们都需要通过角度 A 来计算交点，故 A 的取值范围不可为 0 ± 1°。

角度与倒角半径的地址也可通过 CNC 参数的设定进行选择，但不能选择相同的地址。

3. 编程实例

【例 3-12】 对于图 3.4-4 所示的工件加工，采用直径编程时，利用蓝图编程所编制的程序如下。

O0018;

N1 G00 G98 G21;

N2 T0101;

N3 S1200 F80 M03;

N4 G50 X120.0 Z30.0;

N5 G00 X0.0 Z5.0;

```
N6 G01 Z0;
N7 G01X60.0, A90.0, C1.0;
N8 Z-30.0, A180.0, R6.0;
N9 X100.0, A90.0;
N10 , A170.0, R20.0;
N11 X180.0 Z-180.0, A112.0, R15.0;
N12 Z-230.0, A180.0;
N13 G00 X300.0;
N14 Z30.0;
N15 M30;
```

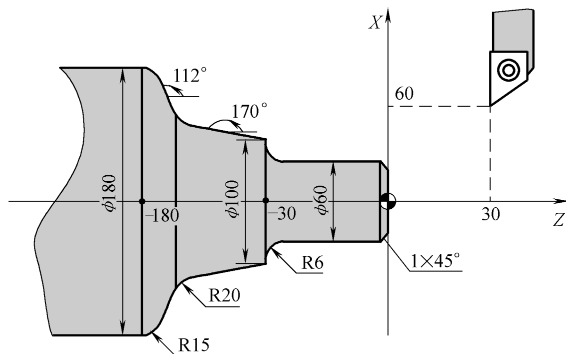


图 3.4-4 蓝图编程实例

3.5 刀具偏置与半径补偿

3.5.1 刀具偏置

为了方便编程并增加程序通用性，数控机床编程时，一般都不考虑实际刀具的几何形状。因此，它必须使用刀具补偿功能，使机床能根据刀具尺寸，自动调整坐标轴的移动量，确保实际加工轮廓和编程轨迹一致。

在数控车床上，需要对刀尖的 *X*、*Z* 方向位置和刀尖半径进行补偿，前者称刀具偏置（Tool Offset）；后者称刀尖半径补偿（Tool Nose Radius Compensation）。

1. 刀具偏置说明

在 FS-0iTD 中，刀具偏置包括几何偏置（Geometry Offset）和磨损偏置（Wear Offset）两部分。刀具的几何偏置设定在图 3.5-1 所示的 CNC 刀具偏置/形状表中，每一刀具对应一个几何偏置号 G***；刀具磨损设定在图 3.5-2 所示的 CNC 刀具偏置/磨损表中，每一刀具对应一个磨损偏置号 W***。几何偏置是刀具的理论形状；刀具磨损是对理论形状的修整，刀具的实际偏置是两者之和。

一般而言，刀具的几何偏置是刀具“假想刀尖”的位置偏置值，所谓假想刀尖是图 3.5-3 所示的、刀尖圆在 *X*、*Z* 方向的切线相交点，该点的位置可通过对外圆、端面的实际

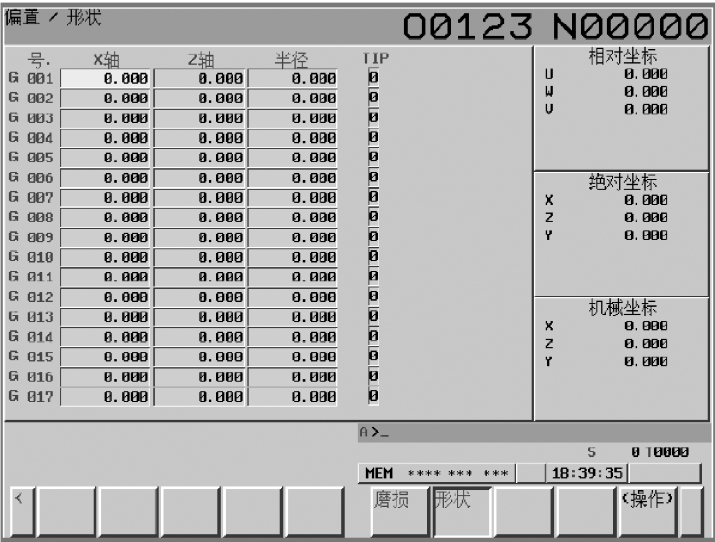


图 3.5-1　车刀的几何偏置

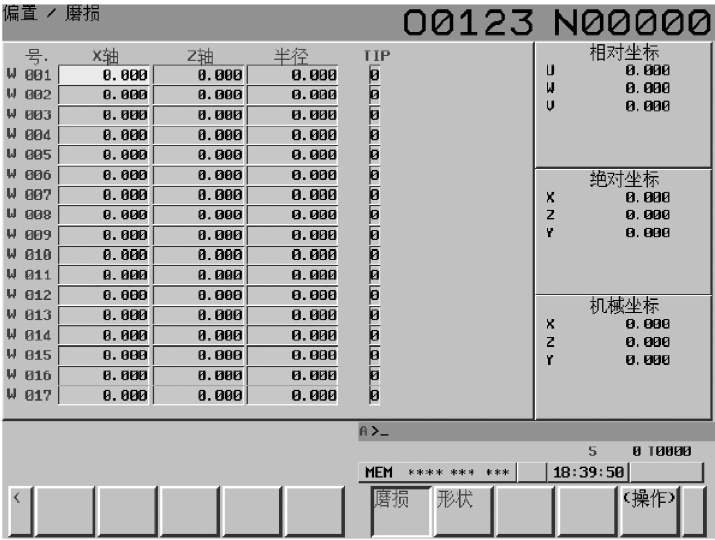


图 3.5-2　车刀的磨损偏置

车削，予以确定。因此，几何偏置、磨损偏置上的 *X*、*Z* 偏置值，都是假想刀尖相对于编程基准点的位置偏移，它不需要考虑刀尖半径。表中的参数 TIP 用于假想刀尖方向的定义，设定值的含义如图 3.5-4 所示。

2. 刀具偏置的输入

刀具几何偏置和磨损偏置可通过 CNC 的 LCD/MDI 面板手动输入（参见第 8 章 8.3 节），或是利用 FS-0iD 的 G10 指令输入。利用 G10 指令输入偏置值的编程格式如下：

直接输入偏置值：G10 P *p*　X *x*　Z *z*　R *r*　Q *q*；

输入偏置值增量：G10 P *p*　U *u*　W *w*　C *c*　Q *q*；

指令中的各参数的含义如下。

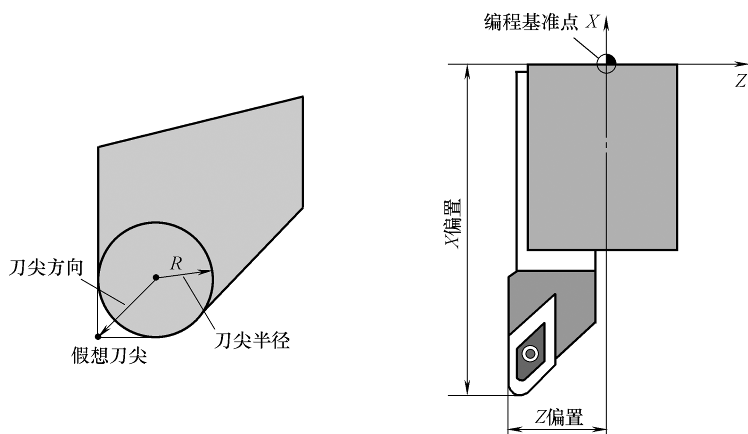


图 3.5-3　假想刀尖

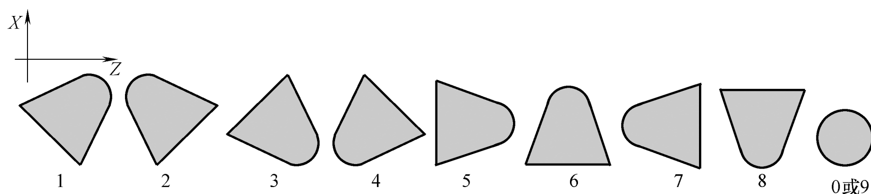


图 3.5-4　假想刀尖方向

P：偏置号指定，P＝1～99 时，为刀具磨损偏置号，对应图 3.5-2 中的 W001～W099；P＝1001～1099 时，为刀具几何偏置号，对应图 3.5-1 中的 G001～G099。

X/Z：X/Z 偏置值，根据 P 的定义，分别对应图 3.5-1、图 3.5-2 中的几何偏置或磨损偏置。U/W：X/Z 偏置值增量，它是对现有偏置值的修改。

R：刀尖半径，根据 P 的定义，分别对应图 3.5-2 中的半径磨损量或图 3.5-1 中的理论刀尖半径。

C：刀尖半径值增量，它是对现有刀尖半径值的修改。

Q：假想刀尖方向，允许输入值 0～9（见后述）。

3. CNC 参数

刀具偏置和补偿的选择、生效和撤销与 CNC 参数的设定密切相关，FS-0iTD 与刀具偏置和补偿相关的主要 CNC 参数如下。

PRM 5002.0：指定 T 代码的位数，PRM 5002.0＝0 为 4 位 T 代码；PRM 5002.0＝1 为 2 位 T 代码。当选择 4 位 T 代码 T□□××编程时，□□为刀具号、××为磨损偏置号；当选择 2 位 T 代码 T□×编程时，□为刀具号、×为磨损偏置号。刀具几何偏置号的选择决定于 PRM 5002.1 的设定。

PRM 5002.1：几何偏置号的选择方式，PRM 5002.1＝0，几何偏置号和磨损偏置号相同；PRM 5002.1＝1，几何偏置号和刀具号相同。

PRM 5002.4：刀具偏置的加入方式选择，当 PRM5002.4＝0 时，刀具偏置将加入到工件坐标系的原点偏置；当 PRM5002.4＝1 时，刀具偏置将加入到实际需要移动的距离中。

PRM 5002.5：刀具偏置的撤销方式选择，当 PRM5002.5 = 0 时，刀具偏置不能通过指令 T□□00 或 T0000 撤销；当 PRM5002.5 = 1 时，指令 T□□00 或 T0000 撤销刀具偏置。

PRM 5002.6：刀具偏置的生效方式选择，当 PRM5002.6 = 0 时，刀具偏置在执行指令 T 时生效；当 PRM5002.6 = 1 时，刀具偏置在坐标轴运动时生效。

3.5.2　刀尖半径补偿

1. 半径补偿方向

刀尖半径补偿需要用指令 G41/G42 来规定半径补偿方向并生效补偿，指令 G40 可撤销刀尖半径补偿功能。指令 G41/G42 规定的半径补偿方向如图 3.5-5 所示。指令 G41 时，沿刀具的运动方向看，刀具在工件的左侧；指令 G42 时，刀具在工件的右侧。

不正确地使用刀尖半径补偿功能，将导致工件的“过切”与“欠切”或刀具的干涉，一般而言，在生效或撤销刀尖半径补偿时应注意如下基本问题：

1）在刀尖半径补偿功能生效的 G41/G42 程序段（亦称起刀程序段），通常将生成垂直于下一程序段编程轨迹的半径补偿矢量，为此，半径补偿生效前最好使刀具位于图 3.5-6 所示的补偿侧，以防过切。

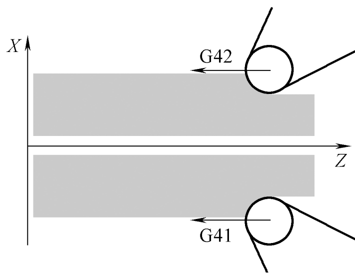


图 3.5-5　半径补偿方向的规定

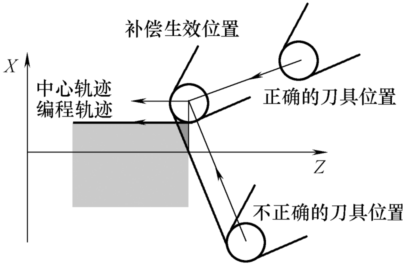


图 3.5-6　补偿前的正确位置

2）在撤销刀具补偿的 G40 程序段，由于刀尖半径补偿有效段加工结束时，刀尖中心一般位于和编程轨迹垂直的位置上，因此，应将刀具退出点选择在图 3.5-7 所示的补偿侧，防止退出时的过切。如在编程轨迹垂直的位置上已经产生了图 3.5-8 所示的过切，需要在 G40 程序段中，通过 I、K 指定虚拟轨迹来确定刀具的退出方向，以调整刀尖半径补偿结束段的刀尖中心位置（见例 3-13）。

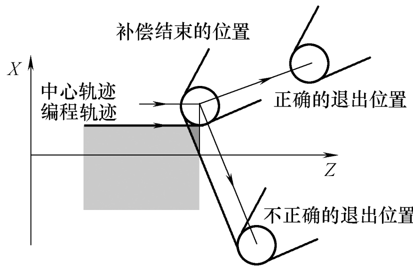


图 3.5-7　刀具补偿退出点选择

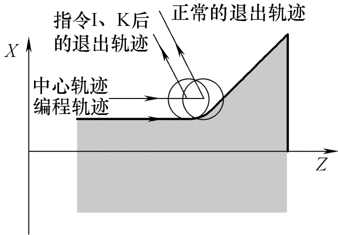


图 3.5-8 刀具退出方向调整

3）不可以在 G02/03 圆弧插补的程序段生效刀尖半径补偿功能，即以下程序段不允许：

G41（G42）G02（G03）X $\underline{x}$　Z $\underline{z}$　I $\underline{i}$　K $\underline{k}$；

但在刀尖半径补偿功能有效期间，可以使用 G02/03 圆弧插补指令，即以下程序段允许使用：

G41G01X _x_ Z _z_；

G02（G03）X _x_ Z _z_ I _i_ K _k_；

4）刀尖半径补偿有效期间，程序段的终点位置与下一程序段的轨迹有关，CNC 需要通过对下面程序段的预处理，计算补偿矢量，因此，在刀尖半径补偿生效期间，原则上不应插入非移动程序段，如必须使用非移动程序段，也只能是插入一个程序段，否则可能导致轮廓的出错。非移动程序段包括如下几类。

只有辅助功能代码的程序段，如 S200 M03 等；

只有 G 代码的程序段，如 G98 等；

程序暂停段，如 G04 X2.0 等；

与轴运动无关的程序段，如 G10 P01 X10.0 Z20.0 R0.5 Q2 等；

运动距离为 0 的程序段，如 G01 U0 等。

刀尖半径补偿矢量的计算较为复杂，有关内容可参见 FS-0iTD 的操作说明书。

2. 编程实例

【例 3-13】 对于图 3.5-9 所示工件的前端锥面加工，在直径编程方式下，利用半径补偿功能编制的程序如下。

O0019；

N1 G00 G98 G21；

N2 T0101；

N3 S1200 F80 M03；

N4 G50 X300.0 Z50.0；

N5 G42 G00 X60.0 Z2.0；

N6 G01 Z0；

N7 X120.0 W－150.0；

N8 G40 G00 X300.0 W150.0 I40.0 K－30.0；

N9 M30；

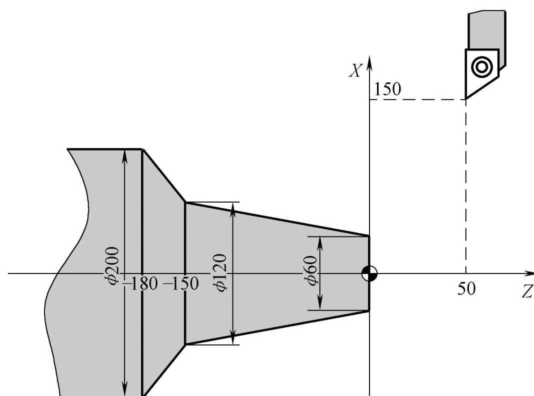


图 3.5-9 半径补偿编程例

程序中的 N8 通过 I、K 指定了退刀方向，I、K 为后端锥面的虚拟轮廓，它们应以半径编程、增量方式指定。

3.6　车削程序的基本格式

3.6.1　程序的基本格式

为了保证数控加工程序的完整、正确和统一，数控编程时，一般都应针对某一机床设计一个标准程序格式，然后按照标准格式进行编程，这样不仅可使程序简洁、明了，而且还可以提高编程的效率与可靠性。

以数控车床 G 代码体系 A 为例，通常可以采用如下的程序基本格式。

O□□□□；

N1 G00 G40 G18 G98 G21；

N2 T□□××；

N3 S□□□□□ F□□□□□（M□□）；

（N4 G50 X□□□□ Z□□□□；）

N5 G00（G54）X□□□□ Z□□□□ M03；

⋮

N51 G28 X0 Z0 M05；

N52 T□□××；

N53 S□□□□□　F□□□□□（M□□）；

N54 G50 X□□□□ Z□□□□；

N55 G00 X□□□□ Z□□□□ M03；

⋮

N99 G28 X0 Z0 M05；

N100 M02；

1. G 代码初始化

格式中的 N1 为 G 代码初始化程序段，其作用是对可能影响到加工的主要模态 G 代码进行设置，使之处于安全、合理的状态，以防止不正确的模态 G 代码影响程序的加工。

程序段中各 G 代码的作用如下。

G00：恢复快速定位，提高加工前的刀具运动速度。

G40：取消刀尖半径补偿，以防止不正确的刀具半径对程序产生的影响。

G18：选择 *ZX* 平面为刀具半径补偿与圆弧插补平面。

G98：选择每分钟进给基本单位（通常情况）。

G21：选择公制尺寸编程（通常情况）。

2. 刀具及切削参数指定

刀具及切削参数指定程序段的作用是选择初始刀具、指定该刀具的切削参数。程序段中各指令的意义如下：

T□□××：选择零件加工的第一把刀具和刀具偏置。

S□□□□□：指定第一把刀具的主轴转速，由于程序段没有 M03/M04 指令，执行本指令仅设置主轴的转速值，实际主轴并不旋转。

F□□□□□：指定第一把刀具的切削进给速度，它在 G01、G02、G03 等需要进给速度的程序段中生效。

（M □□）：根据需要，可以增加 M41/M42（主轴交换传动级）、M08（冷却）等辅助功能指令。

3. 设定/选择坐标系、刀具运动到加工起始点

其作用是使刀具进入工件坐标系，并生成刀具偏置与刀尖半径补偿矢量，同时使主轴旋转，作好加工准备。加工起始点一般选择在零件加工的开始点。

当使用 G50 建立工件坐标系时，其程序段格式为：

N4 G50 X□□□□ Z□□□□；

N5 G00 X□□□□ Z□□□□ M03；

N4 的作用是建立工件坐标系，N5 的作用是使刀具进入工件坐标系、生成刀具偏置，并靠近加工表面、主轴旋转，作好加工准备。

使用工件坐标系 G54～G59，其程序段格式为：

N5 G54 X□□□□ Z□□□□ M03；

程序段中的 G54 根据使用的工件坐标系，可以是 G54～G59 中的任意一个。

4. 正常的加工程序段

在完成以上加工前准备程序段的编制后，刀具及切削参数均已指定，刀具偏置已生效，主轴已旋转，这些状态都将作为本刀具的模态信息保留，因此可以正常的加工。

在正常加工程序段中，可以根据加工的不同要求，编制加工轨迹程序，在通常情况下，无须再考虑 S、F 等代码的编程。

5. 刀具的退出与换刀

一把刀具完成加工后需要更换刀具，换刀通常在 *X*、*Z* 轴参考点上进行，因此，其程序段如下：

N51 G28 X0 Z0 M05；

N52 T□□××；

当完成刀具自动交换后，即可进入下一刀具的加工，程序的编制要求与第一把刀具相同，直到全部加工结束。

3.6.2 车削加工编程实例

【例 3-14】 图 3.6-1 所示为一车削加工的零件图，图中 ϕ85mm 外圆不需要加工，试编制其精加工程序。

1. 工艺方案

本工件的加工路线设计如下。

1）外圆车削：倒角—车螺纹的外圆—车锥度部分—车 ϕ62mm 的外圆—倒角—车 ϕ80mm 的外圆—车圆弧部分—车 ϕ80mm 外圆；

2）切 3×ϕ45mm 的槽；

3）车 M48×2 的螺纹。

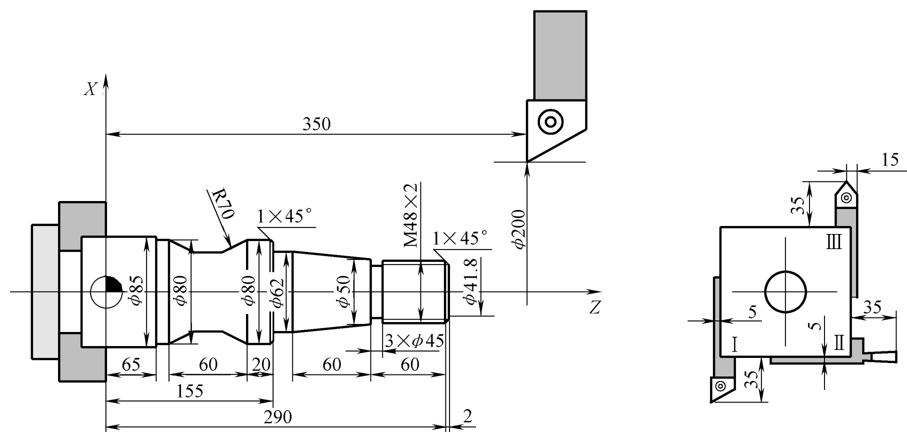


图 3.6-1 车削加工编程实例

2. 选择刀具

旋转Ⅰ号刀用于加工外圆；Ⅱ号刀用于加工槽；Ⅲ号刀用于车削螺纹；刀具布置如图 3.6-1 所示，加工起始点选为（100，350）点；刀具补偿值通过 LCD/MDI 手工键入。

3. 切削参数

精车外圆：主轴转速 S630、进给速度 F150；

槽加工：主轴转速 S315、进给速度 F100；

车削螺纹：主轴转速 S200。M48×2 螺纹牙深为 1.299mm，分 5 次切入，第一次切深 0.45mm，第二次切深 0.3mm，第三次切深 0.3mm，第四次切深 0.2mm，第五次切深 0.05mm。

4. 加工程序

```
O0020;
N001   G00 G40 G18 G98 G21;
N002   T0101;
N003   S630 F150;
N004   G50 X100.0 Z350.0;
N005   G00 X21.0 Z292.0;
N006   G01 X24.0 Z289.0;
N007   Z230.0;
N008   X25.0;
N009   X31.0   Z170.0;
N010   Z155.0;
N011   X39.0;
N012   X40.0   Z154.0;
N013   Z135.0;
N014   G02 X40.0 Z75.0 I63.25 K-30.0;
N015   G01 Z65.0;
```

```
N016  X45.0;
N017  G00 X100.0 Z350.0 M05;
N018  T0202;
N019  S315 F100;
N020  G00 X26.0 Z230.0 M03;
N021  G01 X22.5;
N022  G04 X3.0;
N023  G00 X100.0;
N024  Z350.0 M05;
N025  T0303;
N026  S200;
N027  G00 X25.Z292.0 M03;
N028  G92 X23.55 Z232.0 F2;
N029  X23.25;
N030  X22.95;
N031  X22.75;
N032  X22.7;
N033  G00 X100.0 Z350.0 M05;
N034  M30;
```

第4章 FS-0iMD编程

4.1 镗铣加工指令与编程

4.1.1 程序特点与代码体系

1. 程序特点

FS-0iMD 是用于镗铣加工机床的控制系统，镗铣加工是以刀具旋转（主轴）为主运动的金属切削加工，为了控制刀具运动，机床至少具有 *X/Y/Z* 三个基本坐标轴。镗铣类机床的主要是加工对象是箱体、法兰、模具类零件，由于其工艺的特殊性，FS-0iMD 的加工程序主要具有以下特点：

1）FS-0iMD 的绝对/增量编程只能利用 G90/G91 指令转换，地址 U/V/W 是平行于 *X/Y/Z* 轴的附加坐标轴地址，它们与 *X/Y/Z* 一样，也可通过 G90/G91 选择绝对/增量编程、并参与插补。

2）为了适应模具等行业的加工要求，FS-0iMD 可通过对称加工加工（镜像）、比例缩放等坐标系变换指令，提高编程效率与简化程序。此外，还可以利用 G54. 1P1 ~ G54. 1P48 选择 48 个扩展工件坐标系。

3）镗铣加工通过刀具旋转实现切削，因此，FS-0iMD 可以使用螺旋线插补、螺纹镗铣等编程指令，但一般不能使用螺纹车削等功能。

4）FS-0iMD 可以使用单向定位、拐角减速、精确定位、连续切削等特殊的编程指令，提高轮廓加工效率和定位精度。由于车削中心同样具有铣削加工功能，因此，在 FS-0iTD 上，目前已经可使用精确定位、连续切削等指令。

5）FS-0iMD 的固定循环绝大多数都市适合于孔加工的钻、镗循环，它与车削加工的固定循环指令有明显区别。

6）FS-0iMD 的极坐标编程指令与 FS-0iTD 的极坐标插补有本质的不同，极坐标编程是将程序中以极坐标形式编程的位置，通过 CNC 自动转换为直角坐标系位置的功能，它适应于法兰类零件的圆周分布孔加工、圆周镗铣加工等。

7）FS-0iMD 的刀具补偿与 FS-0iTD 有很大的区别，镗铣刀具通常只需要进行 *Z* 方向的长度补偿和 *XY* 平面的半径补偿，而不需要像车刀那样进行 *X/Z* 方向的位置偏置；此外，刀具的长度与半径补偿均需要在程序上，通过指令生效和撤销，刀具补偿号需要通过 D/H 代码进行选择，它不能像 FS-0iTD 那样直接利用刀号选择。

2. 代码体系

FS-0iMD 常用的 G 代码体系只有表 4.1-1 中所示的一种格式，CNC 的功能增减只有可使用的 G 代码多少的区别。表中带阴影的 G 代码为 CNC 开机默认 G 代码，部分开机默认 G 代码，可以通过 CNC 参数的设定选择。在 00 组 G 代码中，除 G10/G11 外的其余 G 代码均为单段有效 G 代码；其余各组 G 代码均为模态 G 代码。

表 4.1-1 FS-0iMD 系统 G 代码一览表

G 代码	组别	功 能	备 注
G00	01	快速定位	开机默认代码由 CNC 参数 PRM 3402.0 的设定选择
G01		直线插补	
G02		顺时针圆弧插补	
G03		逆时针圆弧插补	
G04	00	程序暂停	
G05.1		前瞻控制	
G05.4		HRV3 控制生效/撤销	FS-0iMD 新增功能
G07.1(G107)		圆柱面插补	FS-0iMD 新增功能,参见 FS-0iTD 说明
G09		精确停止	
G10		通过程序输入数据	模态代码
G11		取消通过程序输入数据	模态代码
G15	17	取消极坐标编程	
G16		极坐标编程	
G17	02	*XY* 平面选择	开机默认代码由 CNC 参数 PRM 3402.1、PRM 3402.2 的设定选择
G18		*ZX* 平面选择	
G19		*YZ* 平面选择	
G20	06	英制数据输入	
G21		公制数据输入	
G22	04	禁区保护生效	开机默认代码由 CNC 参数 PRM 3402.7 的设定选择
G23		禁区保护撤销	
G27	00	返回参考点检查	
G28		返回参考点	
G29		从参考点返回	
G30		返回第二参考点	
G31		跳步切削	
G33	01	螺纹切削	
G37	00	自动刀具长度测量	
G39		拐角圆弧插补	
G40	07	刀具半径补偿撤销	
G41		左侧刀具半径补偿	
G42		右侧刀具半径补偿	

（续）

G 代码	组别	功　　能	备　　注
G40. 1	19	法线控制撤销	FS-0iMD 新增功能
G41. 1		法线方向控制左侧	
G42. 1		法线方向控制右侧	
G43	08	正方向刀具长度补偿	
G44		负方向刀具长度补偿	
G45	00	刀具偏置值增加	
G46		刀具偏置值减小	
G47		刀具偏置值增加 2 倍	
G48		刀具偏置值减小 2 倍	
G49		刀具长度补偿撤销	
G50	11	比例缩放撤销	
G51		比例缩放生效	
G50. 0	22	可编程镜像撤销	
G50. 1		可编程镜像生效	
G52	00	局部坐标系设置	
G53		机床坐标系选择	
G54	14	工件坐标系 1	
G54. 1		扩展工件坐标系选择	
G55		工件坐标系 2	
G56		工件坐标系 3	
G57		工件坐标系 4	
G58		工件坐标系 5	
G59		工件坐标系 6	
G60	00	单向定位	
G61	15	精确停止	
G62		拐角减速	
G63		攻螺纹方式	
G64		连续切削方式	
G65	00	宏程序命令	
G66	12	模态调用宏程序命令	
G67		模态调用宏程序命令取消	
G68	16	图形旋转生效	
G69		图形旋转撤销	
G73	09	深孔循环	
G74		左旋攻螺纹循环	
G76		精镗循环	

（续）

G 代码	组别	功　能	备　注
G80	09	固定循环撤销	
G81		钻孔循环	
G82		铰孔循环	
G83		深孔钻循环	
G84		攻螺纹循环	
G84.2		刚性攻螺纹	仅选择 FS-10/11 格式时使用
G84.3		反转刚性攻螺纹	仅选择 FS-10/11 格式时使用
G85		镗孔循环	
G86		钻孔循环	
G87		反镗孔循环	
G88		镗孔循环	
G89		镗孔循环	
G90	03	绝对值编程	开机默认代码由 CNC 参数 PRM 3402.3 的设定选择
G91		增量值编程	
G91.1	00	最大增量值检测	
G92		工件坐标系设定	
G92.1		工件坐标系预置	
G93	05	反比时间进给	
G94		每分进给	
G95		每转进给	
G96	13	线速度恒定控制生效	
G97		线速度恒定控制撤销	
G98	10	在固定循环中返回定位平面	
G99		返回到 R 点(在固定循环中)	

4.1.2　螺纹加工指令

数控镗铣床的螺纹加工一般可以采用图 4.1-1 所示的三种加工工艺。小直径螺纹的常规加工一般直接采用图 4.1-1a 所示的丝锥进行攻螺纹加工；中等直径的螺纹通常采用图 4.1-1b 所示的镗削工艺；大直径的螺纹或螺旋线则通过图 4.1-1c 所示的螺旋铣削加工完成。

以上三种加工工艺对数控机床的控制要求有所不同，程序中需要采用不同的编程指令与此相适应。在 FS-0iMD 上，可以通过指令 G63、G33 和螺旋线插补实现。

1. 攻螺纹方式 G63

攻螺纹是利用丝锥加工小直径螺纹的常用方法。为了保证螺纹加工的正确，程序中的 *Z* 轴进给速度 *F* 和主轴转速 *S* 需要匹配，以保证主轴每转 *Z* 轴进给一个螺距，两者间的同步误差可以通过柔性攻螺纹夹头补偿。

FS-0iMD 的攻螺纹一般通过固定循环指令 G84/G74 进行编程，它可以自动完成主轴正/

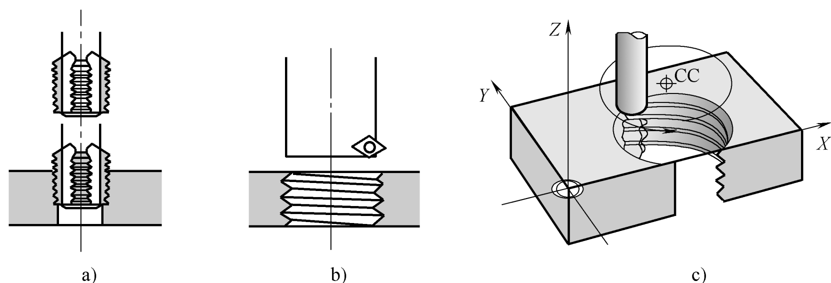


图 4.1-1　螺纹加工方式
a）攻螺纹　b）螺纹镗削　c）螺旋铣削

反转、Z 轴进给/退出的一系列动作。由于柔性攻螺纹夹头的补偿行程有限，为了保证 Z 轴进给和主轴的同步，攻螺纹加工时的主轴转速、进给速度不能人为改变，原则上也不能停止 Z 轴和主轴的运动。

FS-0iMD 的指令 G63 用于攻螺纹方式选择，指令模态有效。G63 生效后，进给轴将进入连续切削状态，操作面板上的主轴倍率调节、进给倍率调节、进给暂停按键均无效。攻螺纹方式可以利用同组的连续切削 G 代码指令 G64、G61 等撤销。

2. 螺纹切削 G33

FS-0iMD 的螺纹切削指令 G33 用于螺纹镗削加工。利用镗削工艺加工螺纹时，由于刀具没有用于同步误差补偿的柔性夹头，故其同步要求更高。FS-0iMD 的螺纹切削和 FS-0iTD 的螺纹车削的控制方法相同，在螺纹切削方式下，CNC 能够将来自主轴编码器的位置检测信号，自动转换为 Z 轴的进给指令，使得 Z 轴跟随主轴运动，其位置、速度始终与主轴的旋转保持同步。

G33 编程指令格式如下：

G33 Z $\underline{z}$ F $\underline{f}$；

指令中的 F 为螺纹导程，Z 轴的进给速度决定于主轴转速。

3. 螺旋线插补

螺旋线插补用于直径螺纹或螺旋线的铣削加工，它对主轴没有同步要求，因此，可利用 CNC 的三轴联动功能，使得 X、Y 坐标轴进行 G02/G03 圆弧插补的同时，垂直轴同步进行直线运动，实现图 4.1-1c 所示的螺旋线插补。

螺旋线插补指令的编程格式如下。

格式Ⅰ：G17 G02（或 G03）X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ I $\underline{i}$ J $\underline{j}$ Z $\underline{z}$ F $\underline{f}$；
　　　　G18 G02（或 G03）X $\underline{x}$ Z $\underline{z}$ I $\underline{i}$ K $\underline{k}$ Y $\underline{y}$ F $\underline{f}$；
　　　　G19 G02（或 G03）Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$ J $\underline{j}$ K $\underline{k}$ X $\underline{x}$ F $\underline{f}$；

格式Ⅱ：G17 G02（或 G03）X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ R $\underline{r}$ Z $\underline{z}$ F $\underline{f}$；
　　　　G18 G02（或 G03）X $\underline{x}$ Z $\underline{z}$ R $\underline{r}$ Y $\underline{y}$ F $\underline{f}$；
　　　　G19 G02（或 G03）Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$ R $\underline{r}$ X $\underline{x}$ F $\underline{f}$；

指令中的 G17/G18/G19 用来指定圆弧插补平面。当圆弧插补平面为 XY 平面时，z 为垂直进给轴的螺旋线终点；如果圆弧插补平面为 ZX 平面，y 为垂直进给轴的螺旋线终点等。程序段可以采用绝对或增量编程方式指定加工终点。由于一个程序段内，G02/03 的圆弧插

补不能超过 360°，因此，对于行程大于一个螺距的螺旋线铣削加工，需要分多个程序段进行编程。

4.1.3 准确定位和拐角减速指令

1. 单向定位

单向定位可以消除机械传动系统间隙对定位精度的影响。FS-0iMD 可以通过 G60 指令生效单向定位功能，G60 指令的编程格式如下：

G60 X _x_ Y _y_ Z _z_ ;

执行 G60 指令刀具的移动轨迹如图 4.1-2 所示，单向定位的定位方向和“过冲量”均可以通过 CNC 参数予以设定。

单向定位的动作是断续的，当轴运动方向和单向定位方向相同时，运动轴在距离定位点 1 个“过冲量”的位置暂停，然后进行定位；当轴运动方向和单向定位方向相反时，运动轴将越过定位点 1 个“过冲量”的位置暂停，然后进行定位。

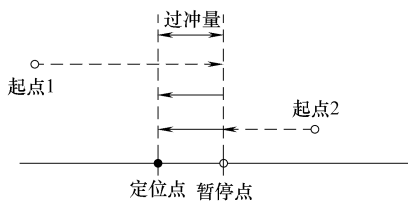


图 4.1-2 单向定位

一般而言，G60 为单段有效指令，但可根据需要，通过 CNC 参数 PRM5431.0 的设定，使之成为模态代码。

2. 精确停止和连续切削

在数控机床上，由于机械传动部件刚性、电气控制延时等因素的影响，使得刀具的实际运动总是滞后于 CNC 的指令，即两者间存在位置跟随误差。跟随误差将影响加工轨迹转换点（拐角）的轮廓，在拐角处，CNC 认为某一轴已到位，需要转入下一程序段的运动；而实际刀具运动还存在跟随误差，因此，需要通过闭环调整消除误差，这样就导致了拐角处出现圆弧，从而影响轮廓特性。。

FS-0iMD 的指令 G09、G61 用于精确停止控制，指令生效后，运动轴在程序段的终点需要进行减速、定位动作，只有在位置跟随误差到达精确定位允差范围后，才能执行下一程序段，从而保证了轮廓的精度。指令 G09 与 G61 的功能相同，但 G09 为单段有效指令，G61 是模态指令。

精确定位将影响加工效率，因此，在拐角轮廓要求不高时，可以通过指令 G64 撤销 G61 模态功能，使机床恢复连续切削运动。

3. 拐角减速

拐角减速有两方面的作用：一是减小前述的拐角轮廓误差；二是减小图 4.1-3 所示的内侧切削加工时的负载。在 FS-0iMD 上，前者称为拐角自动减速功能，后者称为拐角倍率控制功能。

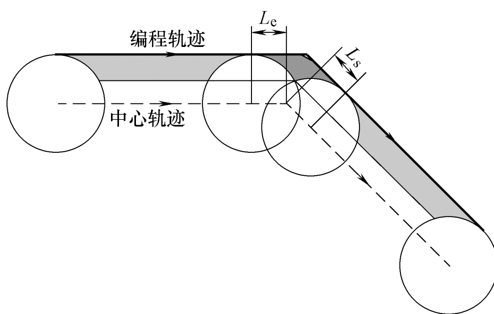


图 4.1-3 内侧切削

拐角自动减速是 FS-0iMD 的基本功能，它可由 CNC 自动实现，不需要编程。通过 CNC 参数 PRM1602.4 的设定，CNC 可选择如

下两种方式之一进行拐角自动减速。

1）PRM1602.4 =0：当两程序段相交的轮廓线夹角小于 CNC 参数 PRM1740 所设定的值时，拐角自动减速。

2）PRM1602.4 =1：当两程序段的进给速度差大于 CNC 参数 PRM1781 所设定的值时，拐角自动减速。

当相交轮廓的符合以上条件时，CNC 将检查刀具在轮廓相交处的进给速度，如进给速度大于 CNC 参数 PRM1741 所设定的值，则在程序终点进行自动减速、将进给速度降至 PRM1741 设定值，然后进入下一程序段的加工；如进给速度小于 CNC 参数 PRM1741 设定值，则直接进入下一程序段的加工。

拐角倍率控制需要通过指令 G62 实现，指令生效后，CNC 可以自动改变拐角区域的进给速度倍率，避免切削过载。拐角倍率控制需要在 CNC 中设定如下参数。

PRM1711：内侧拐角定义，当两程序段的轮廓夹角小于本参数设定时，需要进行拐角倍率控制。

PRM1712：拐角倍率设定，它是对拐角处进给速度的调整系数。

PRM1713/PRM1714：图 4.1-3 所示的拐角减速区 L_e/L_s 定义，刀具在 L_e/L_s 区域内拐角倍率生效，进给速度将被减小。

拐角倍率控制功能只有在刀具半径补偿有效期间才能生效，如刀具半径为 0 或半径补偿功能无效，则拐角倍率控制功能将无效。

4.1.4　坐标变换指令

1. 极坐标编程 G15/G16

FS-0iMD 的极坐标编程是利用 CNC 的计算功能，以极坐标的形式给定直角坐标系位置的编程方法，它与 FS-0iTD 的极坐标插补有本质的不同。简言之，极坐标编程是以角度/直径来指定 *X*/*Y* 轴位置的编程功能；而极坐标插补则是将程序中以直线轴/直线轴表示的位置，转换为实际机床的回转轴/直线轴运动的功能。有关内容可参见第 3 章、3.1 节。

极坐标编程多用于在圆周分布孔加工或圆周铣削加工，此类加工的图纸尺寸通常以半径（直径）、角度的形式指定，采用极坐标编程可减少坐标点的计算工作量、提高程序可靠性。

极坐标编程可通过指令 G16 生效、指令 G15 撤销。极坐标编程时的加工平面同样通过指令 G17/G18/G19 选择，所选加工平面的第一坐标轴地址（如 *X*）用来指令极坐标半径；第二坐标轴地址（如 *Y*）用来指令极坐标角度，极坐标的 0 度为第一坐标轴的正方向。

FS-0iMD 的极坐标原点指定有两种方式。

1）当极坐标半径以绝对值（G90）形式编程时，现行生效的直角坐标系原点直接作为极坐标原点。

2）当极坐标半径以增量值（G91）形式编程时，刀具的现在位置为极坐标原点。

极坐标编程生效期间，角度可以通过指令 G90/G91 改变编程方式。极坐标编程对程序暂停 G04、CNC 参数输入 G10、工件坐标系设定 G92、机床坐标系选择 G53、禁区保护 G22、图形旋转 G68、比例缩放 G51 无效。在极坐标编程有效期间，也不可以使用自动倒角、蓝图编程功能。

【例 4-1】　对于图 4.1-4 所示的第 1 组圆周孔的加工，利用极坐标编程的程序如下。

```
O0020;
N1 G52 X30.0 Y70.0;                        (通过局部坐标系指定极坐标原点)
N2 G90 G17 G16;                            (生效 XY 平面极坐标编程功能)
N3 G00 G99 G81 X25.0 Y18.0 Z-100.0 R-88.0; (进行 φ25/18°孔的加工)
N4 Y54.0;                                  (逆时针依次进行 φ25/54°等孔的加工)
N5 Y90.0;
N6 Y126.0;
N7 Y162.0;
N8 Y198.0;
N9 Y234.0;
N10 Y270.0;
N11 Y306.0;
N12 Y342.0;
N13 G15 G80;                               (撤销极坐标编程)
N14 G52 X0 Y0;                             (撤销局部坐标系)
N15 M30;
```

程序中未考虑刀具与切削参数编程，用同样方法，也可以实现第二组圆周孔的极坐标编程。

2. 镜像加工 G50.1/G51.1

镜像加工（Mirror）亦称对称加工，它是常见的镗铣加工之一。镜像加工需要通过 CNC 的镜像控制信号进行，该信号生效时，需要镜像加工的坐标轴将自动改变坐标值的正/负符号，实现图 4.1-5 所示的对称图形的加工。

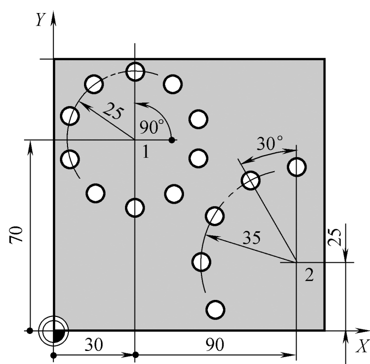


图 4.1-4 极坐标编程

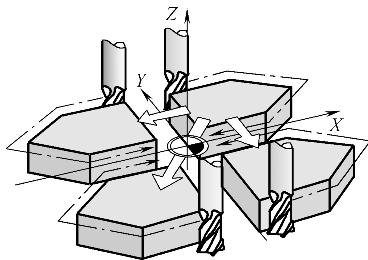


图 4.1-5 镜像加工

CNC 的镜像加工，一般可以通过如下三种方式选择：

1）利用 CNC 的 M 指令和 PMC 程序设计，使对应的坐标轴进入镜像加工。

2）通过第 8 章、8.3 节所述的 CNC 设定参数，直接生效镜像加工功能。

3）通过 G 代码指令，如 G50.1/G51.1 生效或撤销镜像加工功能。

FS-0iMD 的 FS-0iMD 的镜像加工编程指令格式如下。

G51.1 X $\underline{x}$ （Y $\underline{y}$）；（生效镜像加工、指定对称轴或对称点）

G50.1 X $\underline{x}$ （Y $\underline{y}$）；（撤销镜像加工功能）

使用镜像加工功能时应注意以下问题：

1）镗铣类机床的 *Z* 轴一般安装有刀具，因此，*Z* 轴通常不能进行镜像加工。

2）镜像加工生效时，指令 G02/G03 的圆弧插补方向、指令 G41/G42 的半径补偿方向、指令 G68/G69 的坐标旋转方向均将被互换。

3）实际编程时，镜像加工一般通过子程序调用的方式实现。

【例 4-2】 假如刀具起始点为（0，0），当选择 *X* 轴镜像加工时，对于图 4.1-6 所示的 *Y* 轴对称图形加工，其加工程序如下。

```
O0021；
N1 G92 X0 Y0；          （设定工件坐标原点）
N2 M98 P0100；          （调用子程序 O0100,加工图形 A）
N3 G51.1 X0；           （镜像加工生效,对称轴为 X=0 的 Y 轴）
N4 M98 P0100；          （调用子程序 O0100,加工图形 B）
N5 G50.1 X0；           （撤销镜像加工）
N6 M30；                （主程序结束）
```

子程序如下：

```
O0100；
N2 G90 G01 X40.0 Y0 F100；
N3 Y40.0；
N4 X100.0；
N5 X125.0 Y20.0；
N6 X100.0 Y0；
N7 X0；
N8 M99；
```

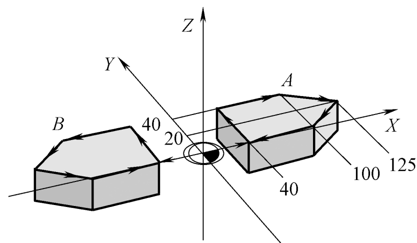


图 4.1-6　镜像加工

3. 比例缩放 G50/G51

比例缩放（Scale）主要用于模具加工，功能生效时，对应坐标轴的移动距离将按程序指令的比例系数，进行图 4.1-7 所示的放大或缩小。

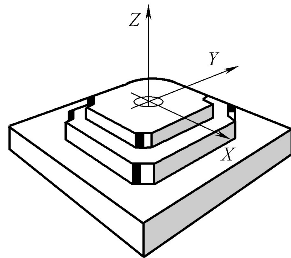


图 4.1-7　比例缩放

FS-0iMD 可以通过指令 G51 生效比例缩放功能并指定缩放中心、缩放比例；通过指令 G50 撤销比例缩放功能；允许进行比例缩放的坐标轴，需要通过 CNC 参数 PRM5401.0 的设定事先选定。

FS-0iMD 的比例缩放有如下两种编程格式。

X/Y/Z 同比例缩放：G51 X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$ P $\underline{p}$ ；

指令中的 *x*/*y*/*z* 为比例缩放中心的位置（绝对编程）；*p* 为缩放比例，当指令中不指定 *p* 值时，缩放比例将自动选择 CNC 参数 PRM5411 设定的值。

X/*Y*/*Z* 独立缩放：G51 X $\underline{x}$ Y $\underline{y}$ Z $\underline{z}$ I $\underline{i}$ J $\underline{j}$ K $\underline{k}$；

指令中的 *x*/*y*/*z* 为比例缩放中心的位置（绝对编程）；*i*、*j*、*k* 可定义 *X*/*Y*/*Z* 轴独立的比

例系数。使用独立缩放功能需要设定 CNC 参数 PRM5400.6 = 1，指令中不指定 *i*、*j*、*k* 值时，缩放比例将自动选择 CNC 参数 PRM5421 设定的值。

使用比例缩放功能需要注意如下几点：

1）使用 *X/Y/Z* 独立缩放功能时，如将某一轴的缩放系数指定为“-1”，同样可实现镜像加工的功能。

【例 4-3】 使用比例缩放功能完成例 4-2 零件加工的程序如下。

```
O0022;
N1 G92 X0 Y0;                  (设定坐标原点)
N2 M98 P0100;                  (调用子程序 O0100,加工图形 A)
N3 G51X0 Y0 I-1000 J1000;      (生效比例缩放,并将 X 轴比例系数定为-1)
N4 M98 P0100;                  (调用子程序 O0100,加工图形 B)
N5 G50;                        (撤销比例缩放加工)
N6 M30;
```

子程序 O0100 与例 4-2 完全相同。

2）圆弧插补的比例缩放只能用于 R 编程的程序段，当 *X/Y/Z* 独立缩放时，*R* 将按照缩放比例较大的轴，进行同比例缩放；当圆弧插补使用 *I*、*J* 编程时，将不能得到正确的圆弧轨迹。

3）比例缩放功能只能对编程的坐标尺寸进行修改，它不能调整 CNC 内部的动态插补数据，如不能试图通过对圆弧插补时的 *X/Y* 轴比例缩放，加工出椭圆。

例如，执行如下指令：

```
N1 G90 G00 X0.0 Y100.0;
N2 G51 X0.0 Y0.0 Z0.0 I2000 J1000;
N3 G02 X100.0 Y0.0 R100.0;
…
```

其结果并不会生成 *X/Y* 为 2∶1 的椭圆轨迹，而只是将程序段 N3 中的 *X*、*Y* 编程尺寸分别乘以 2 与 1，即生成的轨迹仍然为图 4.1-8 所示的圆弧，程序完全等同于如下指令。

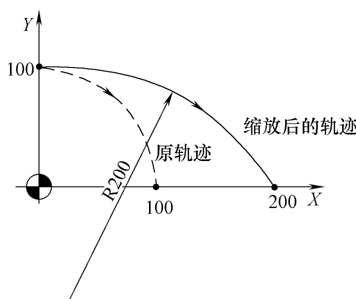


图 4.1-8 圆弧插补的比例缩放

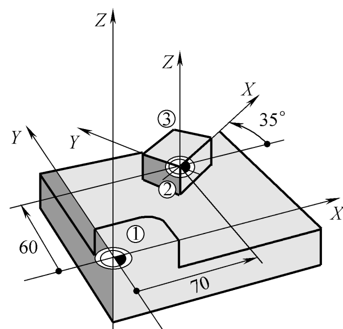


图 4.1-9 坐标旋转

```
N1 G90 G00 X0.0 Y100.0;
N3 G02 X200.0 Y0.0 R200.0;
…
```

4. 坐标旋转（G68/G69）

对于图 4. 1-9 所示的某些围绕中心旋转得到的特殊轮廓加工，可使用坐标旋转功能简化编程。

FS-0iMD 可通过指令 G68 生效坐标旋转功能，利用指令 G69 撤销坐标旋转，G68 指令的编程格式如下：

G68 X $\underline{\ x\ }$ Y $\underline{\ y\ }$ R $\underline{\ r\ }$；

x/*y*：坐标旋转中心，绝对编程；

r：旋转角度，输入范围为 −360. 000° ~360. 000°，输入单位为 0. 001°。

坐标旋转编程应注意如下问题：

1）坐标旋转平面通过指令 G17/G18/G19 选择，平面选择指令必须在 G68 前编制，G68 生效期间不可使用 G17/G18/G19。

2）指令 G68 中指定 *X*/*Y* 时，可直接定义旋转中心，但是，如 G68 生效后的第 1 程序段采用增量编程，CNC 将以刀具现在位置将作为旋转中心（见例 7-4）。如 G68 不指定 *X*/*Y*，则以刀具现在位置将作为旋转中心。

3）指令 G68 不指定旋转角度时，自动以 CNC 参数 PRM5410 设定的角度旋转。

4）指令 G69 撤销坐标旋转后的第 1 个程序段必须采用绝对编程。

5）坐标旋转指令 G68 有效期间，不可使用 G27/G28/G29/G30、G52/G53/G54 ~ G59/G92 等与坐标系建立、选择有关的指令。

6）刀具半径补偿、比例缩放有效期间可指令坐标旋转。

【例 4-4】 坐标旋转的编程示例。

执行如下程序指令：

```
O0023;
N1 G69 G17;
N2 G92 X-500.0 Y-500.0;
N3 G68 X700.0 Y300.0 R60000;
N4 G90 G01 X0.0 Y0.0;
N5 G91 X1000.0;
N6 G02 Y1000.0 R1000.0;
N7 G03 X-1000.0 I-500.0 J-500.0;
N8 G01 Y-1000.0;
N9 G69 G90 X-500.0 Y-500.0;
N10 M30;
```

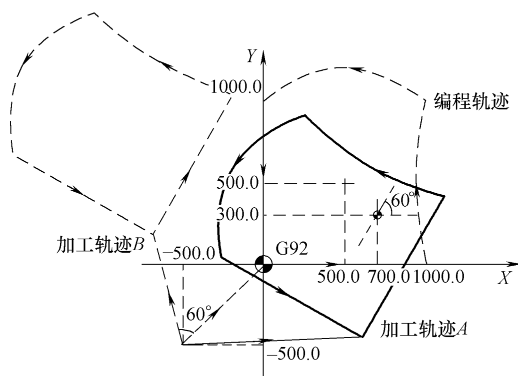


图 4. 1-10　坐标旋转后的运动轨迹

刀具运动的轨迹为如图 4. 1-10 所示的加工轨迹 *A*。

但是，执行如下程序指令：

```
O0024;
N1 G69 G17;
N2 G92 X-500.0 Y-500.0;
N3 G68 X700.0 Y300.0 R60000;
(或 G68 R60000;)
```

N4 G91 G01 X500. 0 Y500. 0；

N5 X1000. 0；

N6 G02 Y1000. 0 R1000. 0；

N7 G03 X－1000. 0 I－500. 0 J－500. 0；

N8 G01 Y－1000. 0；

N9 G69 G90 X－500. 0 Y－500. 0；

N10 M30；

旋转将以刀具现在位置为中心进行，刀具运动的轨迹为如图 4. 1-10 所示的加工轨迹 *B*。

【例 4-5】 坐标旋转与刀具半径补偿同时使用例。

执行如下程序指令：

O0025；

N1 G69 G17 G01；

N2 G92 X0. 0 Y0. 0；

N3 G42 G91 X0. 0 Y0. 0 D01；

N4 G68 R－30000；

N5 G91 X1000. 0 Y1000. 0

N6 X2000. 0；

N7 G03 Y1000. 0 R1000. 0；

N8 G01 X－2000. 0；

N9 Y－1000. 0；

N10 G69 G90 G40 X0 Y0；

N11 M30；

刀具运动的轨迹为如图 4. 1-11 所示的加工轨迹。

【例 4-6】 坐标旋转与比例缩放同时使用例。

执行如下程序指令：

O0026；

N2 G92 X0. 0 Y0. 0；

N3 G51 X200. 0 Y150. 0 P500；

N4 G68 X100. 0 Y100. 0 R60000；

N5 G01 G90 X300. 0 Y100. 0

N6 G91 Y100. 0；

N7 X－200. 0；

N8 Y－100. 0；

N9 X200. 0；

⋮

N10 M30；

刀具运动的轨迹为如图 4. 1-12 所示的加工轨迹。

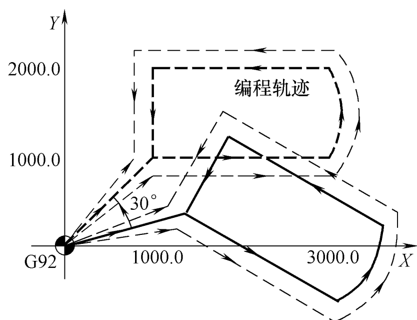


图 4. 1-11　坐标旋转的刀具补偿轨迹

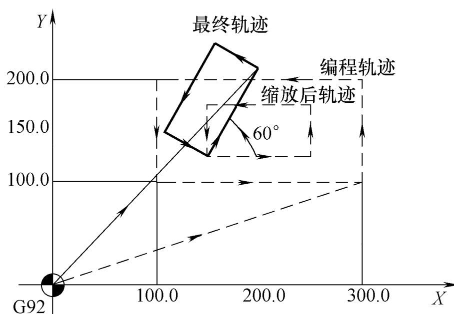


图 4. 1-12　坐标旋转与比例缩放

执行上述程序的动作过程如下：

1）以（200. 0，150. 0）为中心，将编程轨迹缩放 0. 5 倍；缩放对 N3 以后的全部指令（包括旋转中心）生效，但对旋转角度无效；

2）以缩放后的（100. 0，100. 0）点为中心，将缩放后的图形进行 60°旋转；

3）刀具按照缩放与旋转后的轨迹运动。

4. 1. 5　自动倒角

FS-0iMD 的自动倒角功能包括直线倒角和圆弧倒角，功能可用于如下场合：

1）直线插补（G01）与直线插补（G01）程序段之间；

2）直线插补（G01）与圆弧插补（G02/G03）程序段之间；

3）圆弧插补（G02/G03）与直线插补（G01）程序段之间；

4）圆弧插补（G02/G03）与圆弧插补（G02/G03）程序段之间；

自动倒角可以为直线与圆弧，其指令格式与动作如下。

1. 直线倒角

直线插补（G01）与直线插补（G01）程序段之间的倒角指令格式如下：

G01 X __*x*__ Y __*y*__，C __*c*__；

格式中的 C 为倒角尺寸定义（见图 4. 1-13），直线插补（G01）与圆弧插补（G02/G03）格式类似，可以参见编程实例。

2. 圆弧倒角

直线插补（G01）与直线插补（G01）程序段之间的圆弧倒角的指令格式如下：

G01 X __*x*__ Y __*y*__，R __*r*__；

格式中的 R 为圆角尺寸定义（见图 4. 1-14），直线插补（G01）与圆弧插补（G02/G03）格式类似，可以参见编程实例。

3. 编程实例

【例 4-7】　对于图 4. 1-15 所示的工件加工，利用倒角功能编程的程序如下。

O0027；

N1 G92 G90 X0 Y0；

N2 G01 X10. 0 Y10. 0；

N3 G01 X50. 0 F100,C5. 0；

```
N4 Y25.0,R8.0;
N5 G03 X80.0 Y50.0 R30.0,R8.0;
N6 G01 X50.0,R8.0;
N7 Y70.0,C5.0;
N8 X10.0,C5.0;
N9 Y10.0;
N10 G00 X0 Y0;
N11 M30;
```

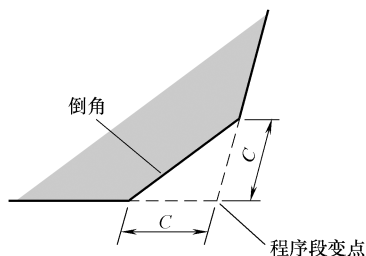


图 4.1-13 直线倒角

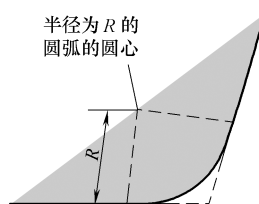


图 4.1-14 圆弧倒角

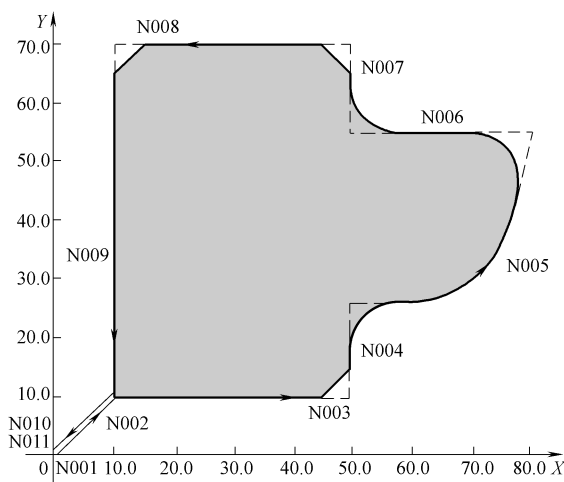


图 4.1-15 自动倒角编程例

4.2 FS-0iMD 常用固定循环

4.2.1 固定循环概述

1. 固定循环的动作

FS-0iMD 的固定循环大部分针对孔加工设计，固定循环相当于 CNC 生产厂家为特定的加工设计的子程序，它们可通过专门的 G 代码调用，从而简化程序、减少编程工作量。FS-0iMD 的常用循环有 G73/G74/G76、G80 ~ 89 等，其基本动作一般可分为图 4.2-1 所示的

六步。

动作1：*X*、*Y*在定位平面快速定位；

动作2：*Z*轴快速进给到参考平面*R*；

动作3：*Z*轴切削进给，进行孔加工；

动作4：执行底平面的动作；

动作5：*Z*轴退出到参考平面；

动作6：*Z*轴快速回到起始位置。

固定循环动作由G代码选择，不同的固定循环，其动作有所不同，常用的G73/G74/G76、G80～89固定循环的动作见表4.2-1所示，G80用于撤销循环。

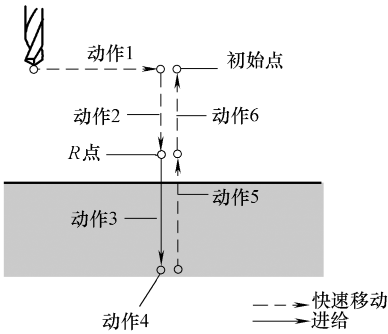


图4.2-1　固定循环的动作

表4.2-1　孔加工固定循环动作一览表

G代码	进给动作	底平面动作	退出动作	用　途
G80	—	—	—	撤销循环
G73	间歇进给	—	快速进给	高速深孔加工循环
G74	切削进给	暂停、主轴正转	切削进给	反转攻螺纹循环
G76	切削进给	主轴准停	快速进给	精镗
G81	切削进给	—	快速进给	钻孔
G82	切削进给	暂停	快速进给	钻、镗阶梯孔
G83	间歇进给	—	快速进给	深孔加工循环
G84	切削进给	暂停、主轴反转	切削进给	正转攻螺纹循环
G85	切削进给	—	切削进给	镗孔1
G86	切削进给	主轴停	快速进给	镗孔2
G87	切削进给	主轴正转	快速进给	反向镗孔
G88	切削进给	暂停、主轴停	手动	镗孔3
G89	切削进给	暂停	切削进给	镗孔4

2. 基本参数定义

作为固定循环的基本要求，需要在固定循环指令中或执行循环前定义以下基本参数。

1）绝对/增量编程。可选择G90绝对或G91增量编程方式，G90/G91编程不仅影响*XY*平面的定位，而且对*Z*轴也将产生图4.2-2所示的影响。

2）返回平面。固定循环加工完成后，*Z*轴的返回点（返回平面）可以通过指令G98/G99选择。指令G98时，将返回到图4.2-3a所示的*XY*定位平面；指令G99时，返回到图4.2-3b所示的参考平面。

3）指令G73/G74/G76、G81～G89为模态有效，指令中的全部参数在固定循环取消前（G80）都可保持，因此，进行连续孔加工时，除第1个程序段需要指定全部参数外，后续的固定循环只需要定义变更的数据。

3. 平面的选择

除G87反向镗孔循环外，在其他固定循环中，图4.2-2上的定位平面、参考平面和底平面的选择原则一般如下：

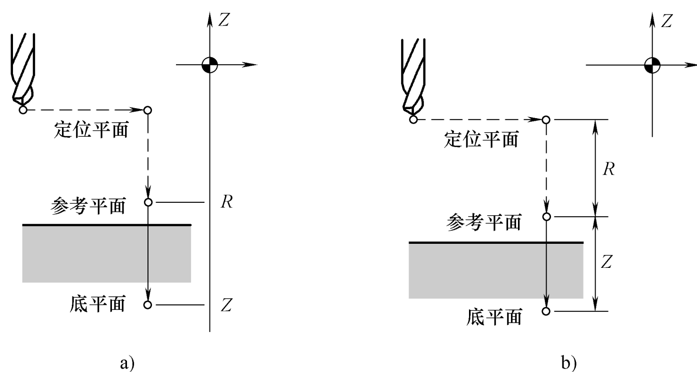


图 4. 2-2 绝对/增量编程

a) G90 b) G91

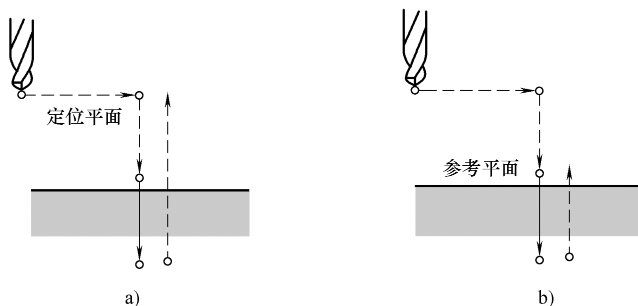


图 4. 2-3 返回平面选择

a) G98 b) G99

1）定位平面。执行固定循环时，刀具需要在定位平面上进行 XY 定位，为避免定位时的碰撞，定位平面原则上应选择在高于工件或夹具最高点的位置上。

2）参考平面 R。对于表面已加工的工件，进行钻、镗、铣、铰孔加工时，为提高效率并确保可靠性，一般选择高于工件表面 2～3mm 的位置作为参考平面；进行攻螺纹加工时，考虑到柔性攻螺纹夹头的轴向伸长，参考平面一般应高于工件表面 5～10mm。对于未加工的毛坯表面，考虑铸件的表面误差，参考平面应在上述基础上再升高 2～3mm。

3）底平面。对于有深度要求的盲孔加工，底平面应与孔深一致；对于通孔加工，为了确保孔加工到位，钻孔时一般应选择底平面低于工件底面一个刀具半径的位置，镗孔时则根据刀具的形状酌情选择。

图 4. 2-4 所示为不同情况下的平面选择例。

如果加工程序选择以工作台表面作为 Z 轴原点的工件坐标系 A，固定循环的各平面可选择如下（绝对尺寸）：

孔 A：$R=42.0$；$Z=10.0$；定位平面 $Z>90.0$；

孔 B：$R=62.0$；$Z=45.0$；定位平面 $Z>90.0$。

如果加工程序选择高于工作台表面 200. 0 的位置作为 Z 轴原点的工件坐标系 B，固定循环的各平面可选择如下（绝对尺寸）：

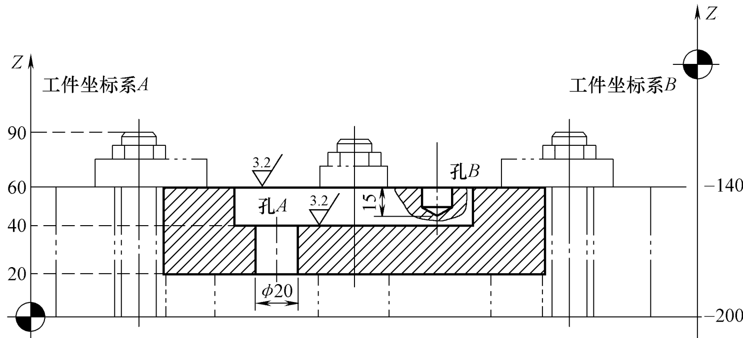


图 4.2-4　固定循环的平面选择

孔 A：$R = -158.0$；$Z = -190.0$；定位平面 $Z > -110.0$；

孔 B：$R = -138.0$；$Z = -155.0$；定位平面 $Z > -110.0$。

4. 指令基本格式

固定循环指令的基本格式如下：

G__　X__　Y__　Z__　R__　P__　Q__　F__　K__；

以上指令中的循环参数含义见表 4.2-2，不同固定循环可根据要求定义。如在固定循环中指令了本循环并不需要的循环参数，如在 G81 上指令了 Q、P 等，这些参数可以作为模态数据保持，但在本循环上不产生任何影响。

表 4.2-2　固定循环指令的参数说明

内　　容	地址	说　　明
孔加工方式	G	见表 4.2-1
孔位置数据	X,Y	孔中心在 *XY* 平面上的位置
孔加工参数	Z	用增量或绝对指定的底平面位置
	R	用增量或绝对指定的参考平面位置
	Q	G73/G83 深孔加工循环的每次切入量或者 G76/G87 中偏移量
	P	孔底部的暂停时间
	F	切削进给速度
	K	重复次数

5. 编程要点

固定循环是一种模态指令，它一旦指定将在程序中保持连续有效，因此，在编程时必须注意如下几点：

1）固定循环指令模态有效期时，循环参数中的任何修改，都重新执行循环动作，因此，循环加工完成后，必须及时利用指令 G80 撤销固定循环。

2）固定循环指令已包括 *XY* 平面快速定位、*Z* 向快速进给和切削进给等动作，故不再需要指定 G00/G01/G60 等 G 代码。

3）执行固定循环时，刀具位置偏置（G45 ~ G48）将被自动撤销，但刀具长度补偿有效。如刀具长度补偿与固定循环指令在同一程序段上编程，长度补偿将在刀具由定位平面向

参考平面运动的过程中加入。

4）固定循环调用程序段允许编入 M 指令，M 代码将在刀具进行定位平面定位时执行，但程序中需要重复调用固定循环时，只有在第一次定位时才执行 M 代码。

5）部分固定循环的动作需要设定相应的 CNC 参数。

6）使用带有主轴自动启动功能的 G74、G84、G86 固定循环时，如果刀具在 *XY* 平面的定位行程较短，或从定位平面到参考平面的距离较短，为了防止加工时主轴不能达到规定的转速，应通过 G04 指令进行暂停。

4.2.2 循环动作说明

固定循环指令不同，其孔加工的动作亦不相同，具体说明如下。指令 G80 可以用来撤销固定循环 G73/G74/G76、G81～G89。

1. G73 高速深孔加工循环

G73 指令用于高速深孔加工，其动作如图 4.2-5 所示，图中的退刀量 *d* 由 CNC 参数 PRM5114 设定。高速深孔加工的 *Z* 轴采用分级、间歇进给的方式加工，使得深孔加工的排屑更容易，由于循环的退刀量 *d* 一般较小，故加工效率很高。

G73 指令的编程格式如下：

G73 X __ Y __ Z __ R __ Q __ F __ K __；

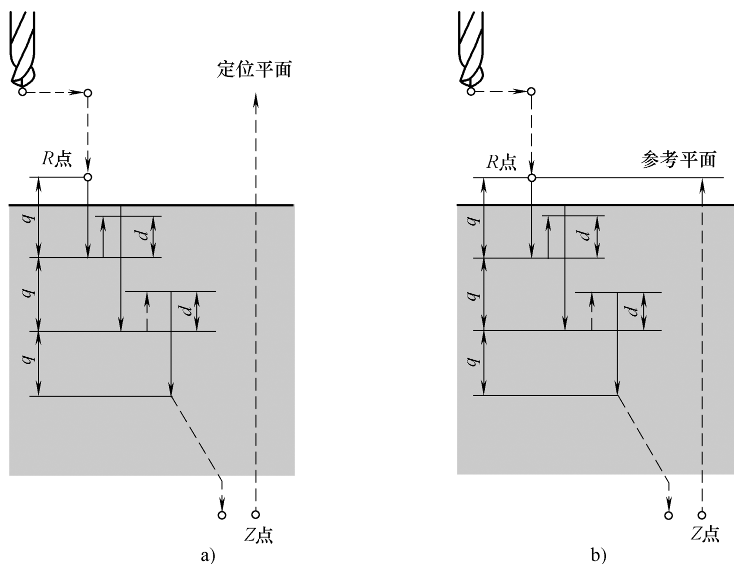


图 4.2-5 G73 循环动作图

a）G98 b）G99

2. G74/G84 攻螺纹循环

G74 指令用于反转攻螺纹（反螺纹）加工，其动作循环如图 4.2-6 所示，指令格式为：

G74 X __ Y __ Z __ R __ P __ F __ K __；

执行循环前应使指令主轴反转，*Z* 向进给加工反螺纹，加工到达孔底后，主轴自动进行正转，*Z* 轴同时退出。

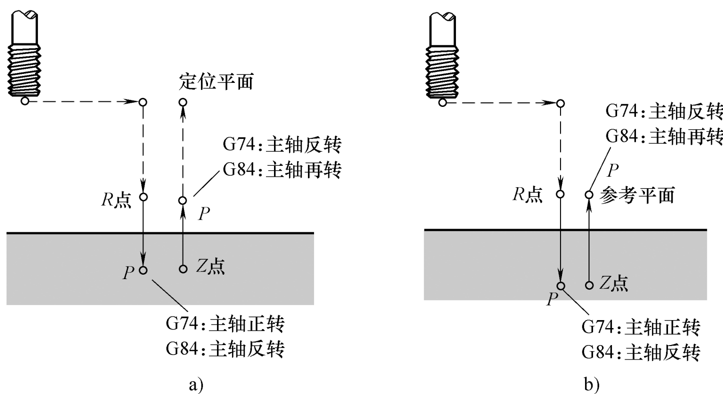


图 4.2-6　G74/G84 循环动作图

a）G98　b）G99

G84 指令用于正转攻螺纹（正螺纹）加工，其指令格式与 G74 相同，但是，G84 在参考平面和底平面的主轴转向和 G74 相反。

执行 G74/G84 攻螺纹循环时，机床操作面板上的进给倍率开关、进给保持按键将无效，以防止因误操作引起的丝锥不能退出工件的情况。G74/G84 固定循环还可用于刚性攻螺纹，有关内容参见本章后述。

3. G76 精镗循环

G76 指令用于精密镗孔加工，它可通过主轴定向准停动作（OSS）让刀，以消除退刀痕，其动作循环如图 4.2-7 所示。指令格式为：

G76 X __ Y __ Z __ R __ Q __ P __ F __ K __；

主轴定向准停可使镗刀的刀尖准确停止在指定的角度上，这样便可以通过沿刀尖反方向的移动，使刀尖脱离工件表面，保证刀具退出时不擦伤孔表面，保证表面质量。指令中的地址 Q 用来指定退刀偏移量，Q 值必须是正值，偏移方向可通过 CNC 参数 PRM5101.4、PRM5101.5 设定。

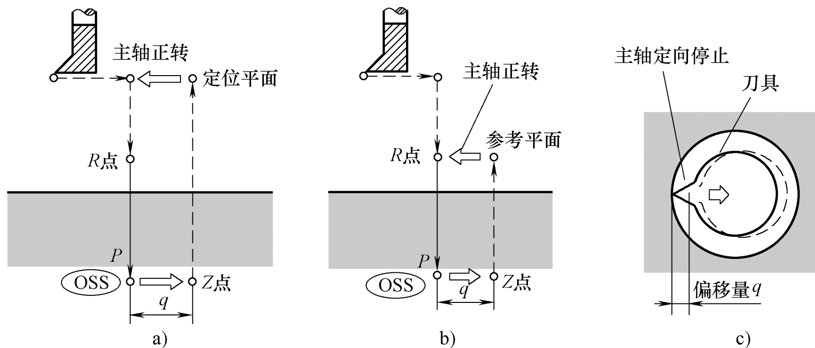


图 4.2-7　G76 循环动作图

a）G98　b）G99　c）定向准停

4. G81/G82 钻孔循环

FS-0iMD 的 G81 指令具有两种功能，它决定于 CNC 参数 PRM5101.1（EXC）的设定。

当设定 PRM5101.1 =0 时，G81 为普通钻孔循环；设定 PRM5101.1 =1 时，G81 为外部操作指令。

当 G81 用于普通钻孔加工时，其动作循环如图 4.2-8 所示，指令格式为：

G81 X __ Y __ Z __ R __ F __ K __；

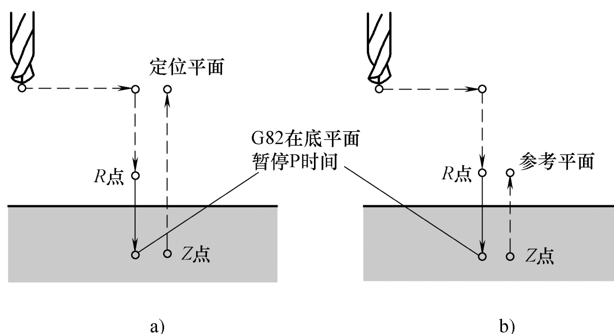


图 4.2-8　G81/G82 循环动作图

a）G98　b）G99

当 G81 用来作为外部操作指令时的指令格式为：

G81 X __ Y __；

执行外部操作 G81 指令，在定位平面的快速定位完成后，CNC 可向 PMC 发送外部动作信号 EF（地址 F008.0），利用 PMC 控制机床的液压部件等执行钻孔动作，CNC 进入等待状态；PMC 动作执行完成后，通过辅助机能执行完成信号 FIN，使 CNC 执行下一程序段。

G82 指令可用于有孔深要求的盲孔或阶梯孔的钻孔加工，其动作和 G81 基本相同，但 G82 可以在底平面暂停参数 P 指定的时间，保证孔深精度。G82 指令格式为：

G82 X __ Y __ Z __ R __ P __ F __ K __；

5. G83 深孔加工循环

G83 指令用于高速深孔加工，它和 G73 一样，Z 向进给为分级、间歇进给，但 G83 在每次进给完成后，Z 轴均需要退到参考平面，故其排屑性能更好。

G83 动作循环如图 4.2-9 所示，指令格式为：

G83 X __ Y __ Z __ R __ Q __ F __ K __；

指令中的 Q 为每次的切入量，当第二次切入时，先快速进给到距上次加工底部 d 处，然后再变为切削进给，d 的值可通过 CNC 参数 PRM5115 设定。G83 固定循环还可进行带过扭矩保护的小孔加工，有关内容参见本章后述。

6. G85/G86/G89 镗削循环

G85 指令用于镗孔加工，其动作循环如图 4.2-10 所示。指令格式如下：

G85 X __ Y __ Z __ R __ F __ K __；

G85 与 G81 的区别是 G85 循环以进给速度退出的，故可以用于铰孔、扩孔等加工。

G86 指令同样用于镗孔加工，其指令格式和 G85 相同，两者的区别是：G86 循环在 Z 轴到达底平面时，主轴将自动停止。

G89 与 G85 的区别仅在于 G89 循环在孔底增加了参数 P 指定的暂停，其余完全相同。

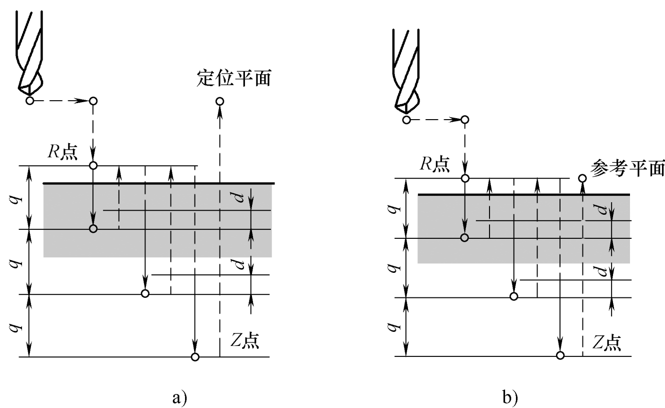


图 4. 2-9　G83 循环动作图

a）G98　b）G99

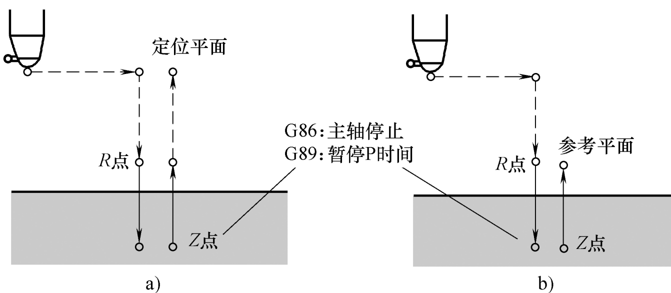


图 4. 2-10　G85/G86/G89 循环动作图

a）G98　b）G99

7. G87 反镗循环

G87 指令用于精密镗孔加工，它可以通过主轴定向准停动作，进行让刀进入孔内，实现反镗动作，其指令格式如下：

G87 X __ Y __ Z __ R __ Q __ P __ F __ K __;

执行 G87 循环，机床动作的过程如图 4. 2-11 所示，它分以下步骤进行：

1）*XY* 平面快速定位，主轴定向准停。

2）*XY* 轴到达定位点后，在 CNC 参数 PRM5101. 4、PRM5101. 5 设定的方向，偏移 *Q* 距离，进行让刀。

3）*Z* 轴快速进给到参考平面，并在参考平面恢复让刀量、撤销主轴定向、启动主轴正转。

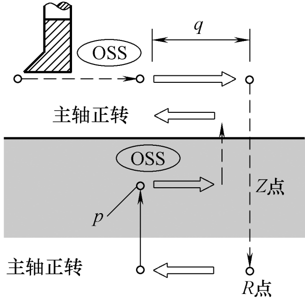


图 4. 2-11　G87 循环动作图

4）*Z* 轴正向进给到 *Z* 指定的平面，进行反向镗孔加工。

5）进给到位后暂停 *P* 时间，主轴再次进行定向准停、偏移 *Q* 距离，进行让刀。

6）*Z* 轴快速正向运动，返回定位平面。

7）到达定位平面后，恢复让刀量、撤销主轴定向、启动主轴正转。

由于 G87 镗孔循环的参考平面 *R* 低于加工底平面 *Z*，因此，该指令不可以使用 G99 返

回格式编程。

8. G88 镗孔循环

G88 指令用于镗孔加工，其动作循环如图 4.2-12 所示，指令格式为：

G88 X __ Y __ Z __ R __ P __ F __ K __；

G88 循环加工到底平面暂停后，主轴和进给全部进入停止状态，故其刀具的退出需要手动操作实现；刀具安全退出后，可以重新启动，使 Z 轴返回到参考平面或定位平面，主轴恢复正转。

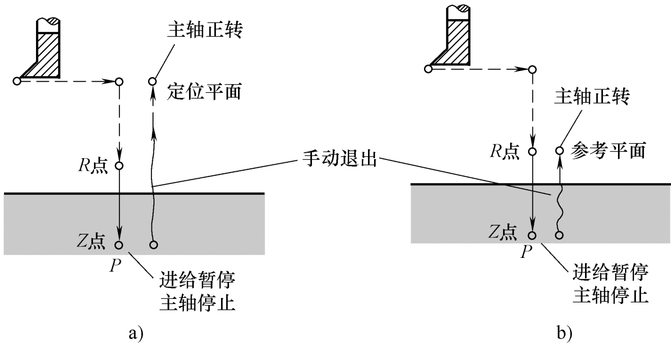


图 4.2-12 G88 循环动作图

a）G98 b）G99

4.2.3 固定循环的编程实例

【例 4-8】 试用固定循环指令编制图 4.2-13 所示零件的孔加工程序。

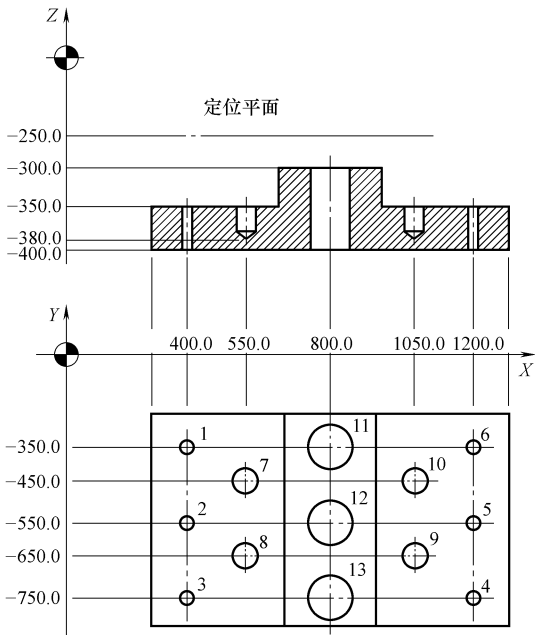


图 4.2-13 固定循环的编程实例

孔# 1 ~ # 6 孔径为 $\phi10$，采用钻孔加工；孔# 7 ~ # 10 孔径为 $\phi20$，采用钻孔加工；孔 #11 ~ #13 孔径为 $\phi95$，采用镗孔加工。工件坐标系为 G55，刀具及加工工艺如下：

1）利用 $\phi10$ 钻头，加工孔# 1 ~ # 6；刀具号 T01，刀补号 H01，主轴转速 S800，进给速度 F120；

2）利用 $\phi20$ 钻头，加工孔# 7 ~ # 10；刀具号 T02，刀补号 H02，主轴转速 S500，进给速度 F80；

3）利用 $\phi95$ 镗刀，精镗孔# 11 ~ # 13；刀具号 T03，刀补号 H03，主轴转速 S300，进给速度 F30。

程序如下：

```
O0028;
N1 G90 G40 G00 G80 G17 G49 G98 G21 G54 G94 D0 H0;  初始化 G 代码
N2 T01 M06;                              换 1 号刀
N3 S800 F120;                            给定 1 号刀切削参数
N10 G55 X400.0 Y-350.0;                  进入工件坐标系 X、Y 平面定位#1 孔
N11 G43 Z-250.0 H01 M03;                 刀具长度补偿,Z 靠近加工零件,启动主轴正转
N12 G99 G81 Z-405.0 R-348.0;             利用 G81 循环加工#1 孔,完成后返回 R 点平面
N13 Y-550.0;                             加工#2 孔
N14 G98 Y-750.0;                         加工#3 孔,完成后返回定位平面
N15 G99 X1200.0;                         加工#4 孔,完成后返回参考平面
N16 Y-550.0;                             加工#5 孔,完成后返回参考平面
N17 G98 Y-350.0;                         加工#6 孔,完成后返回定位平面
N18 G28 Z0 H0 M19;                       取消刀具长度补偿,Z 轴回参考点,主轴定位
N19 T02 M06;                             换 2 号刀
N20 S500 F80;                            给定 2 号刀切削参数
N21 G55 X550.0Y-450.0;                   进入工件坐标系,X、Y 平面定位#7 孔
N22 G43 Z-250.0 H02 M03;                 刀具长度补偿,Z 靠近加工零件,启动主轴正转
N23 G99 G82 Z-380.0.0 R-348.0;           加工#7 孔,完成后返回参考平面
N24 G98 Y-650.0;                         加工#8 孔,完成后返回定位平面
N25 G99 X1050.0;                         加工#9 孔,完成后返回参考平面
N26 G98 Y-450.0;                         加工#10 孔,完成后返回定位平面
N27 G28 Z0 H0 M19;                       取消刀具长度补偿,Z 轴回参考点,主轴定位
N28 T03 M06;                             换 3 号刀
N29 S300 F30;                            给定 3 号刀切削参数
N30 G55 X800.0 Y-350.0;                  进入工件坐标系,X、Y 平面定位#11 孔
N31 G43 Z-250.0 H02 M03;                 刀具长度补偿,Z 靠近加工零件,启动主轴正转
N32 G85 G99 Z-405.0 R-298.0;             加工#11 孔,完成后返回参考平面
N33 G91 Y-200.0;                         加工#12 孔,完成后返回参考平面
N34 Y-200.0;                             加工#13 孔,完成后返回参考平面
N35 G28 Z0 H0 M19;                       取消刀具长度补偿,Z 轴回参考点,主轴定位
```

N36 M30；　　　　　　　　　　　　　程序结束

上述程序中已使用了刀具长度补偿指令 G43，有关内容可以参见后述。

4.3　小孔加工和刚性攻螺纹

4.3.1　小孔加工

1. 循环特点

在 FS-0iMD 上，深孔加工循环 G83 可用于特殊的小孔加工。小孔加工与普通钻孔比较主要具有如下特点：

1）加工通过多次、分级进给完成钻孔加工，其回退和空程进给均采用 G01 方式，分级进给的速度可独立编程。

2）循环加工具有过转矩保护功能，如果加工过程中检测到过转矩信号，CNC 可立即中断进给、直接回退，并自动改变进给速度和主轴转速后，继续进行加工。

3）通过 CNC 参数的设定，小孔加工时的每次进给都能够自动改变进给速度和主轴转速，且能够根据过扭矩信号自动调整进给速度和主轴转速。

4）小孔加工循环执行期间，CNC 可和 PMC、用户宏程序变量相互交换信号和特定的循环数据。

2. 使用条件

生效 G83 的小孔加工功能，需要在 CNC 上设定如下参数。

PRM5160.1（OLS）：设定过转矩时，是否自动调整主轴转速和进给速度。设定 1，自动调整；设定 0，不进行调整。

PRM5160.2（NOL）：设定没有过转矩时，是否自动调整分级进给的主轴转速和进给速度。设定 1，自动调整；设定 0，不进行调整。

PRM5163：将指令 G83 转换为小孔加工的 M 代码。

PRM5164：在过转矩时，自动调整的主轴转速倍率（d_1）。过转矩时，Z 轴将自动回退、并将主轴转速调整为 $S_2 = S_1 \times d_1/100$；S_2 为调整后的主轴转速，S_1 为调整前的主轴转速；d_1 为 CNC 参数 PRM 5164 设定的值，设定范围为 1 ~ 255。

PRM5165：没有过转矩时，分级进给的主轴转速自动调整倍率（d_2）。如没有过转矩，CNC 将在 Z 轴进给完成、回退时调整主轴转速，调整后的主轴转速为 $S_2 = S_1 \times d_2/100$；S_1 为调整前的主轴转速；d_2 为 CNC 参数 PRM 5165 设定的值，设定范围为 1 ~ 255。

PRM5166：过转矩时，自动调整的进给速度倍率（b_1）。过转矩时，Z 轴将自动回退、并且将进给速度调整为 $F_2 = F_1 \times b_1/100$；F_2 为调整后的进给速度，F_1 为调整前的进给速度，b_1 为 CNC 参数 PRM 5166 设定的值，设定范围为 1 ~ 255。

PRM5167：没有过转矩时，分级进给的进给速度自动调整倍率（b_2）。如没有过转矩，CNC 将在 Z 轴进给完成、回退时调整进给速度，调整的进给速度为 $F_2 = F_1 \times b_2/100$；F_1 为调整前的进给速度，b_2 为 CNC 参数 PRM 5167 设定的值，设定范围为 1 ~ 255。

PRM5168：小孔加工的进给速度倍率下限（b_3）。如果自动调整后的进给速度倍率小于本参数设定的值，进给速度将保持为 $F_L = F \times b_2/100$；F_L 为进给速度下限，F 为编程的进

给速度，b_3 为 CNC 参数 PRM 5168 设定的值，设定范围 1～255。

PRM5170：存储小孔加工分级进给（回退）次数的用户宏程序变量，允许范围为 100～149。

PRM5171：用来存储小孔加工过转矩次数的用户宏程序变量，允许范围 100～149。

PRM5172：指令 G83 中的 I 未编程时的回退速度。

PRM5173：指令 G83 中的 I 未编程时的空程进给速度。

PRM5174：快速回退行程 Δ。

小孔加工的过转矩信号可直接从 PMC 的 X004.7 输入，执行小孔加工循环时，CNC 可向 PMC 输出小孔加工中信号 F066.5。

3. 指令格式与动作

循环的使用方法与基本注意事项与普通孔加工循环相同，其指令的编程格式如下：

M□□；

G83 X __ Y __ Z __ R __ Q __ F __ I __ K __ P __；

格式中 X、Y、Z、R、Q、F、P、K 的含义与 G83 深孔加工循环相同；I 为可编程的回退和空程进给速度。

在调用 G83 前，必须通过 CNC 参数 PRM5163 设定的 M□□代码，将 G83 由正常的深孔加工循环转换到小孔加工循环。

小孔加工循环的动作如图 4.3-1 所示，动作过程如下：

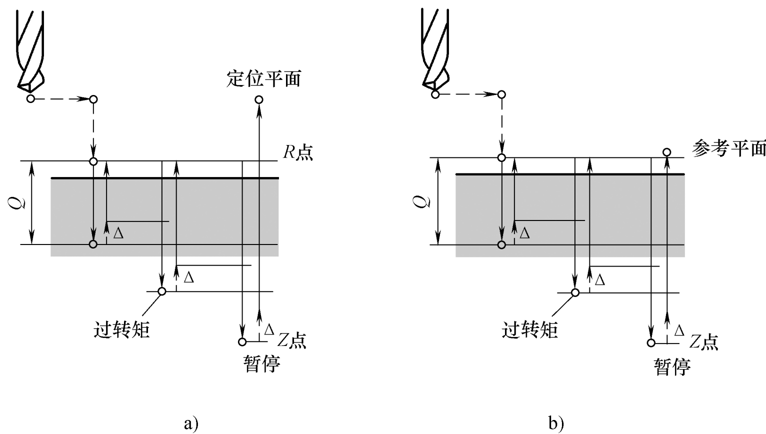


图 4.3-1　G83 小孔加工循环动作

a）G98　b）G99

1）*XY* 快速定位；

2）*Z* 快速运动到参考平面 *R*；

3）按 F 编程的速度，进给 *Q* 深度（切削进给）；

4）快速回退△行程；

5）按 I 编程的进给速度，回退到参考平面（回退），并调整进给速度和主轴转速；

6）按 I 编程的进给速度，进给到离上一次孔深 Δ 处（空程进给）；

7）按 F 调整后的主轴转速、进给速度，进给 $Q+\triangle$深度；

8）重复④～⑦直至到达孔底平面；

9）暂停 P；

10）快速回退△行程后，按照 I 编程的进给速度回退到参考平面或定位平面，结束循环加工动作。

4.3.2 刚性攻螺纹

FS-0iMD 的攻螺纹循环 G74、G84 不但可用于带攻螺纹夹头的柔性攻螺纹，而且还可用于刚性攻螺纹。刚性攻螺纹可通过编程选择普通刚性攻螺纹和深孔刚性攻螺纹两种方式。

1. 普通刚性攻螺纹

普通刚性攻螺纹与柔性攻螺纹的区别是：普通攻螺纹是需要利用 CNC 的 M03/M04 代码，控制主轴的正反转，由于动作的延时，可能导致进给轴与主轴的短时间不同步；刚性攻螺纹时，主轴的正反转通过改变速度给定的极性改变，即使在加减速时仍能够保证主轴与进给轴间的严格同步。

左旋螺纹（反螺纹）刚性攻螺纹的程序段指令格式如下：

M29S□□□□；

G74 X __ Y __ Z __ R __ P __ F __ K __；

右旋螺纹（正螺纹）刚性攻螺纹的程序段指令格式如下：

M29S□□□□；

G84 X __ Y __ Z __ R __ P __ F __ K __；

M29S□□□□指令用来定义刚性攻螺纹方式和主轴转速，刚性攻螺纹的 M29 代码（默认代码）也可通过 CNC 参数 PRM5210 的设定改变；设定 PRM5200.0＝1 时，G74/G84 可直接指令刚性攻螺纹，无需 M29 代码；但 G74/G84 不能用于柔性攻螺纹。

刚性攻螺纹的动作循环如图 4.3-2 所示。

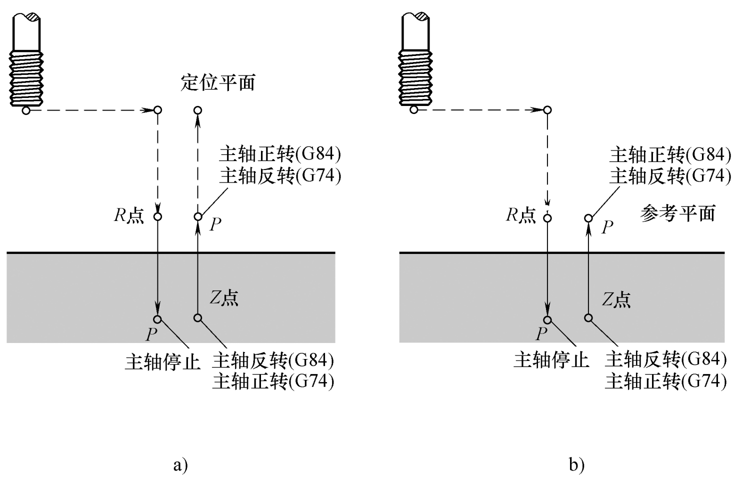


图 4.3-2 G74/G84 刚性攻螺纹循环动作

a）G98 b）G99

刚性攻螺纹回退时的 Z 轴进给速度可和攻螺纹进给时不同，它通过 CNC 参数 PRM 5200.4（DOV）、PRM 5201.3（OVU）和 PRM 5211 的设定改变。

PRM 5200.4（DOV）：设定 1，刚性攻螺纹回退时的进给速度调整有效；设定 0，回退时的进给速度调整无效。

PRM 5201.3（OVU）：刚性攻螺纹回退时进给速度倍率单位，设定 0 为 1%；设定 1 为 10%。

PRM 5211：刚性攻螺纹回退时的进给倍率值，设定范围为 1 ~ 200。

2. 深孔刚性攻螺纹

刚性攻螺纹加工的进给速度通常较快，深孔加工时存在排屑问题，因此需要利用 FS-0iMD 的深孔刚性攻螺纹循环、通过分级进给解决。

左旋螺纹深孔刚性攻螺纹的编程指令格式如下：

M29S□□□□；

G74 X __ Y __ Z __ R __ P __ Q __ F __ K __；

右旋螺纹深孔刚性攻螺纹的编程指令格式如下：

M29S□□□□；

G84 X __ Y __ Z __ R __ P __ Q __ F __ K __；

M29S□□□□指令定义刚性攻螺纹方式与主轴转速。

深孔刚性攻螺纹可通过 CNC 参数 PRM 5200.5（PCP）的设定选择如下两种方式。刚性攻螺纹的回退倍率设定参数 PRM 5200.4、PRM 5201.3、PRM 5211 对于深孔刚性攻螺纹同样有效。

PRM 5200.5（PCP）= 0：高速深孔刚性攻螺纹，分级进给完成后只回退 CNC 参数设定的距离 d，其动作如图 4.3-3 所示。

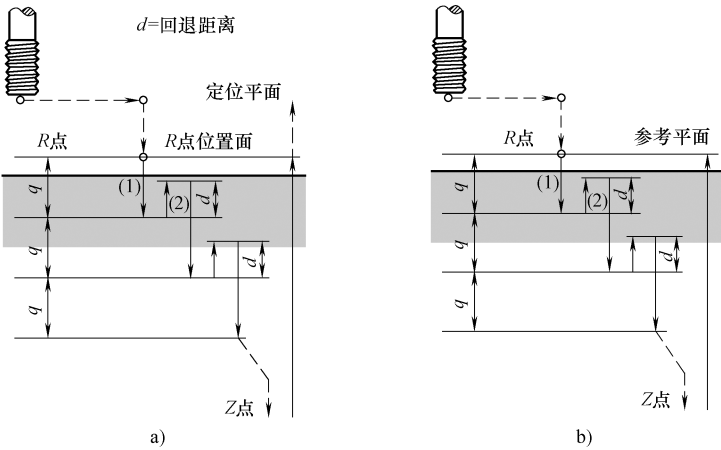


图 4.3-3　G74/G84 高速刚性攻螺纹循环动作

a）G98　b）G99

PRM 5200.5（PCP）= 1：普通深孔刚性攻螺纹，分级进给完成后回退到参考平面，动作循环如图 4.3-4 所示。

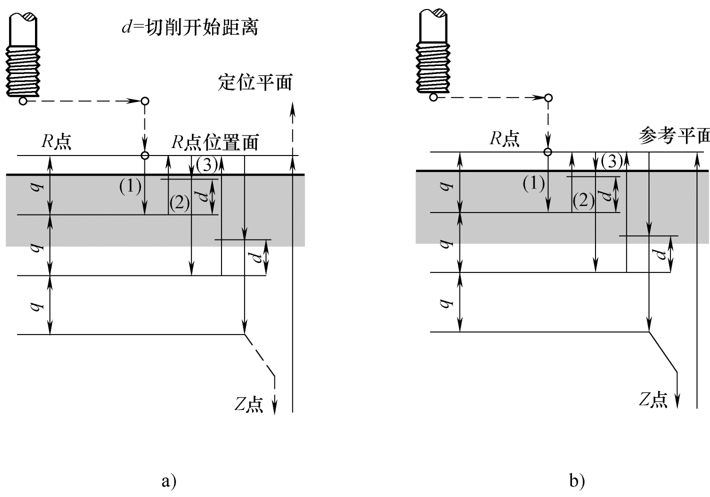


图 4. 3-4　G74/G84 普通深孔刚性攻螺纹循环动作
a）G98　b）G99

4. 4　FS-0iMD 的刀具补偿

4. 4. 1　刀具长度偏置

1. 功能说明

为了方便加工程序的编程、增加程序的通用性，CNC 编程时一般都不考虑实际使用的刀具长度和半径，程序是针对刀尖位置和刀具中心点运动编制的轨迹，因此，实际加工时，必须通过刀具补偿指令，使 CNC 能够根据实际刀具尺寸，自动调整坐标轴的移动量，确保实际轮廓和编程轨迹一致。

与数控车床不同的是：镗铣加工刀具的轴线通常都与主轴中心线重合，因此，除特殊刀具外，镗铣刀具的补偿只需要对 *Z* 方向长度和 *XY* 平面半径进行，它不涉及车刀的刀具位置偏置问题。

FS-0iMD 的刀具补偿指令，包括刀具长度偏置指令 G43/G44/G49、刀具位置偏置指令 G45/G46/G47/G48、刀具半径补偿指令 G41/G42/G40 三类。刀具长度偏置亦称刀具长度补偿，它可以根据实际刀具的长度，自动调整 *Z* 方向移动距离，保证加工时刀尖位置和编程尺寸一致；刀具半径补偿则可自动调整刀具中心在 *XY* 平面上的运动轨迹，保证实际加工轮廓和编程形状一致；刀具位置偏置指令 G45/G46/G47/G48 是早期的刀具半径补偿方式，目前已经被半径补偿所替代。

FS-0iMD 的刀具补偿可通过 CNC 参数 PRM 5001. 0、PRM 5001. 1 的设定，选择刀具补偿 A 和刀具补偿 C 两种方式。刀具补偿方式 A 只能对 *Z* 轴进行刀具长度补偿，适用于钻头、镗刀等刀具补偿，实际较少使用；刀具补偿方式 C 可同时对 *Z* 轴进行长度补偿、对 *XY* 平面进行半径补偿，是目前常用的刀具补偿方式。

2. 刀具补偿值

刀具补偿值存储在 CNC 刀补（刀偏）存储器中，FS-0iMD 选择刀具补偿方式 C 时，其补偿值的显示如图 4. 4-1 所示。

图 4. 4-1　FS-0iMD 的刀补显示

刀补存储器包括了刀具长度（形状）及磨损、刀具半径（形状）及磨损两部分，前者用于刀具长度补偿；后者用于刀具半径补偿。使用指令 G43/G44 进行长度补偿时，用 H 指定刀补号；使用指令 G41/G42 进行半径补偿时，用 D 指定刀补号。补偿号 00（D00/H00）用于撤销刀具补偿，一般不能设定补偿值。

刀具补偿值可通过 MDI/LCD 面板输入，也可通过程序指令 G10 输入。

3. 刀具长度补偿指令 G43/G44/G49

刀具长度补偿通过程序中的指令 G43/G44 生效，由于镗铣床的刀具轴线通常与 *Z* 轴一致，故刀具长度补偿指令的编程格式一般如下：

G43（或 G44）Z□□□□ H□□；

指令 G43 选择正向长度补偿，即 *Z* 向移动距离与刀具长度补偿值相加后，得到 *Z* 轴实际移动距离；G44 选择负向长度补偿，即 *Z* 向移动距离与刀具长度补偿值相减后，得到 *Z* 轴实际移动距离。由于刀具远离工件的方向为 *Z* 正向，因此，如果编程时选择基准刀具的长度值为 0，则只能使用正向刀具长度补偿指令 G43 编程。

刀具长度补偿指令 G43/G44 为模态指令，它可以用如下两种方式撤销：

1）选择 H00 号刀补，如直接编制一个 H00 的程序段或使用 G43 H00 指令。

2）通过指令 G49 撤销。

程序中的回参考点指令 G27/G28/G29 和机床坐标系选择指令 G53，可在指令程序段撤销刀具长度补偿，但指令执行完成后，将自动恢复长度补偿。

4. 编程实例

【例 4-9】 假设刀具长度补偿号为 H1，使用刀具长度补偿功能，对图 4. 4-2 的孔加工程序进行编程的加工程序如下：

O0029；

N1 G54 G90 G21；
N2 S1000 F80 M03；
N3 G00 X20.0 Y30.0；
N4 G43 Z2.0 H1；
N5 G01 Z－18.0 F80；
N6 G00 Z2.0；
N7 X80.0 Y50.0；
N8 G01 Z-18.0；
N9 G00 Z50.0 M05；
N10 G53 G49 Z0；
N11 M30；

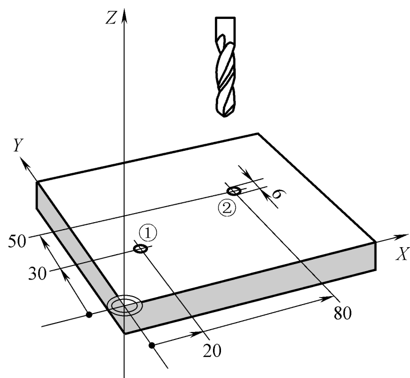


图 4.4-2 刀具长度补偿的编程

4.4.2 刀具半径补偿

1. 指令与编程

刀具半径补偿功能用于铣刀半径的自动补偿，它可使刀具中心沿编程的轮廓偏移一个半径，使实际加工轮廓和编程轨迹一致。刀具半径值应通过 MDI/LCD 面板或 G10 指令事先输入道 CNC 的刀具补偿存储器中。

刀具半径补偿指令格式如下：

G41（G42）X□□□□ Y □□□□ D□□；

指令中的 G41、G42 用于图 4.4-3 所示的刀具半径偏置方向选择，当沿刀具移动方向、刀具在工件左侧时指令 G41，刀具在工件右侧时指令 G42。G41/G42 为模态指令，半径补偿可通过指令 G40 或指定 D00 刀补号撤销。

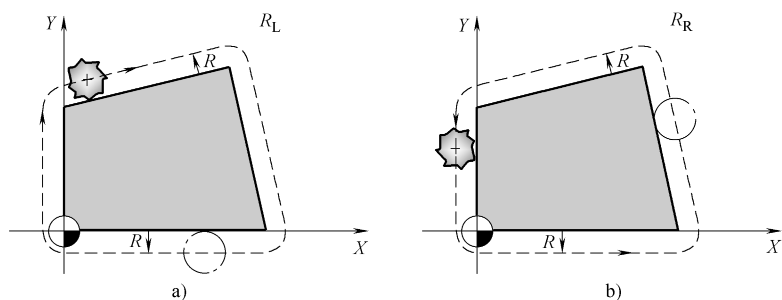


图 4.4-3 刀具半径补偿的方向

a）G41 b）G42

【例 4-10】 假设刀具半径补偿号为 D1，使用刀具半径补偿功能，对图 4.4-4 所示的轮廓加工程序进行编程。

加工程序如下：

O0030；
N1 G55 G90 G21；
N2 S800 F50 M03；

N3 G00 X95.0 Y110.0;
N4 Z－15.0;
N5 G17 G41 G01Y100.0 D01;
N6 Y25.0;
N7 G02 X75.0 Y5.0 R20.0;
N8 G01 X－10.0;
N9 G00 Z100.0 M05;
N10 G40;
N11 M30;

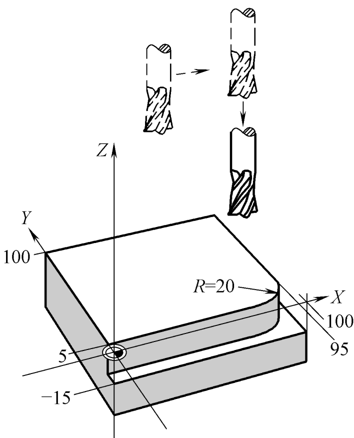


图 4.4-4　半径补偿程序例

2. 使用注意点

刀具半径补偿可大大简化编程，但如果使用不当，也容易引起刀具的干涉、过切、碰撞。为了防止发生以上问题，使用刀具半径补偿指令时，一般应注意以下几点：

1）在进行刀具半径补偿前，应通过 G17/G18/G19 指令实现选择刀具半径补偿平面。

2）刀具半径补偿有效期间，一般不允许存在两段以上的非补偿平面内移动的程序段，如：只有 M、S、T、F 代码的程序段；程序暂停程序段；Z 轴运动程序段等。

3）半径补偿生效和撤销的 G40、G41、G42 程序段上，只能选择 G00 或 G01 运动，编入其他移动指令时，CNC 将产生报警。

4）为了防止在半径补偿生成、撤销过程中可能产生的过切现象，半径补偿生效和撤销时的刀具起始位置、终点位置最好在图 4.4-5 所示的补偿方向同侧。

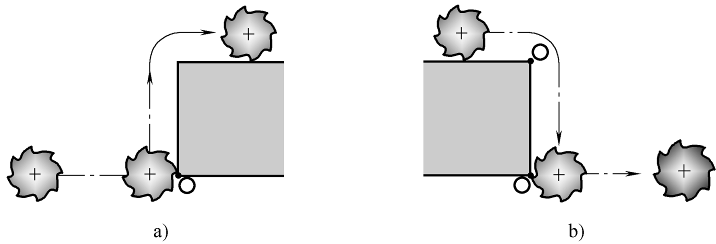


图 4.4-5　刀具半径补偿生效、撤销位置
a）生效时　b）撤销时

5）执行 G92、G50、G28、G29 等指令，刀具半径补偿将被暂时取消。

3. 圆弧拐角 G39

如果在刀具半径补偿生效期间指令了 G39，可将半径补偿的拐角方式由图 4.4-6a 所示的直线拐角转换为图 4.4-6b 或图 4.4-6c 所示的圆弧拐角。

G39 指令的编程格式如下：

⋮
G41（或 G42）…;
⋮

G39（或 G39 I __ J __）；

⋮

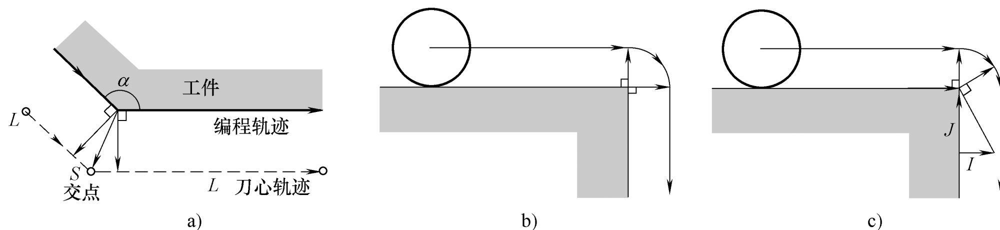


图 4.4-6　刀具半径补偿的圆弧拐角

a）直线拐角　b）不指定 I、J　c）指定 I、J

如果指令 G39 中不指定 I、J 的，将在 G39 指令程序段和下一程序段的连接处，生成垂直下一程序段起点的半径补偿矢量，并进行圆弧拐角；如指令了 G39 I __ J __，将在程序段的连接处生成垂直于 I、J 方向的半径补偿矢量，并进行圆弧拐角。

4.5　镗铣加工程序的基本格式

为了保证加工程序的完整、正确和统一，编程时一般应针对某一机床，设计一基本的程序格式，这样不仅可使程序简洁、明了，而且还可提高编程的效率与可靠性。

前述的【例 4-8】是采用了标准程序格式编制的程序，这一标准格式稍加改变后，便可用于绝大多数镗铣加工机床。标准格式说明如下。

1. G 代码初始化

G 代码初始化程序段的作用是设置主要的模态 G 代码，以防止不正确的模态指令影响程序的加工，提高程序的安全性与可靠性。

G 代码初始化程序段一般如下：

N1 G90 G40 G00 G80 G17 G49 G98 G21 G54 G94 D0 H0；

程序段中各 G 代码的作用如下：

G90：选择绝对编程方式，以防加工起始位置的不同，影响编程轨迹。

G40：取消刀具半径补偿，以防止不正确的刀具补偿对程序执行产生影响。

G00：选择快速定位状态，提高刀具定位速度。

G80：取消固定循环功能，以防不正确的固定循环对程序执行产生影响。

G17：选择 *XY* 平面作为刀具半径和圆弧插补的基本平面。

G49：取消刀具长度补偿，以防止不正确的刀具长度补偿对程序执行产生影响。

G98：选择定位平面作为固定循环的返回平面。

G21：选择公制尺寸编程（通常情况）。

G54：选择工件坐标系 1，G54 工件坐标系通常与机床坐标系重合。

G94：选择每分钟进给。

D0/H0：选择刀具半径补偿号 0 和刀具长度补偿号 0，确保程序执行前切削刀具半径、长度补偿。

2. 刀具和切削参数指定

刀具和切削参数指定程序段的基本格式为：

N2 T□□ M06；

N3 S□□□□ F□□□□（M □□）；

程序段中各指令的意义如下：

T□□：选择本程序加工的第一把刀具。

M06：自动换刀指令，使机床更换第一把刀。

S□□□□：存储第一把刀具的主轴转速，由于程序段没有指令 M03/M04，本指令仅设置主轴转速值，主轴并不会旋转。

F□□□□：存储第一把刀具的进给速度，它在 G01/G02/G03 等切削进给程序段生效。

（M □□）：根据需要可增加辅助功能指令，如 M41/M42 主轴传动级交换指令等。

3. 运动到加工起始点

程序段的作用是使刀具在 *XY* 平面上进入工件坐标系、*Z* 轴加入刀具长度补偿，并接近加工表面，同时旋转主轴，作好加工准备。加工起始点一般选择在零件加工的进刀点上，*Z* 向则是固定循环的定位平面位置。程序段格式如下：

N10 G55 X□□□□ Y□□□□；

N11 G43 Z□□□□ H□□ M03；

程序段 N10 是使刀具在 *XY* 平面进入工件坐标系；N11 是对 *Z* 轴进行刀具长度补偿，并靠近加工表面；同时旋转主轴，作好加工准备。

4. 正常加工程序段

编制以上加工准备程序段后，刀具及切削参数均已指定、长度补偿已生效、主轴已旋转，这些状态将作为本刀具的模态信息保留，故可进入正常的加工。在正常加工程序段上，可根据加工的不同要求，编制刀具运动指令，通常无须再考虑 S、F 等代码编程。

5. 加工完成与换刀

在加工中心上，一把刀具完成加工后需要进行换刀，在绝大多数机床上，换刀时需要将 Z 轴移动到参考点，并需要进行主轴定向准停，故其常用的程序段格式如下：

N18 G28 Z0 H0 M19；

N19 T□□ M06；

在完成刀具自动交换后，即可以进入下一刀具的加工，程序可以重复以上步骤 2 ~ 5，直到全部加工结束。

第5章 用户宏程序编程

5.1 宏程序与变量

5.1.1 基本概念

1. 宏程序及特点

用户宏程序简称宏程序，这是一种 FANUC 数控系统的特殊编程功能。宏程序与普通加工程序比较，其主要区别如下：

1）宏程序可用“变量”代替程序字中的“数字”进行编程，程序可使用算术运算式、逻辑运算式、条件转移等高级语言编程指令，因此，它可充分利用 CNC 的计算功能，来减少编程的计算工作量、提高效率和可靠性。例如，宏程序可使用如下形式的编程指令：

```
…
#3 = #2 + 100.0;
G#1 X#2 Y#3;
…
```

程序中的#1、#2、#3 就是变量，它可根据要求通过赋值、运算等方法改变。在上述程序段中，当#1 = 01、#2 = 50.0 时，程序段就相当于 G01 X50.0 Y150.0；如果#1 = 00、#2 = 100.0，则相当于 G00 X100.0 Y200.0 等。

2）宏程序可使用赋值、调用指令，实现参数化编程功能，其程序设计灵活、方便。例如，编制如下宏程序：

```
O9100;
#100 = #24 + #18 * COS[#1];
#101 = #25 + #18 * SIN[#1];
G00 X#100 Y#101;
M99;
```

主程序使用如下宏程序调用指令：

G65 P9100 X x Y y R r A a;

通过改变调用指令 G65 中的 x、y、r、a 值，便可实现图 5.1-1 所示中心为（x，y）、半径为 r、角度为 a 的任意圆周位置进行定位，实现定位程序的参数化编程。调用指令中的 X、Y、R、A 分别为宏

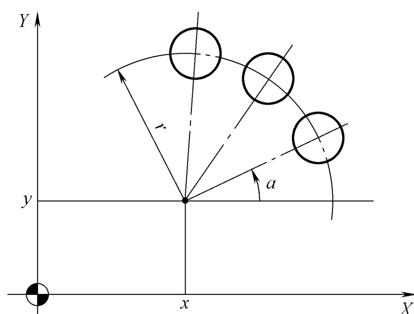


图 5.1-1 变量的调用和赋值

程序变量#24、#25、#18、#1 的赋值地址，有关内容见后述。

3）宏程序可以通过变量读取或改变 CNC 的内部数据，并在程序中使用。例如，利用宏程序指令#100 = #5021，可将 X 轴机床坐标系上的当前位置值读入到变量#100 中；利用指令#2201 = 150.32，可将现行刀具长度补偿号 H01 所对应的长度补偿值更改为 150.32 等。

4）宏程序可直接读入/写出集成 PMC 的开关量信号，检测或控制 PMC 程序运行和机床动作，因此，可用于自动换刀、工作台交换等特殊控制。例如，利用指令#100 = #1000，可以读入来自 PMC 的开关量输入信号 G054.0；利用指令#1100 = 1，可将 PMC 的信号 F054.0 直接置为 ON 状态等。

2. 变量引用与赋值

在 FS-0iD 上，宏程序变量（Variable）用字符“#”和后续的数字表示，如#1、#130、#1005 等。变量引用需要注意以下基本问题：

1）变量可直接代替程序中的数值，如 X #1、Y #130、G #2 等，但地址 O（程序号）、N（程序段号）、/（选择跳段）不允许使用变量。

2）程序中的数值也可用变量运算的表达式代替，如 Z［#2 + #1 * #4］等；当数值需要取负时，符号应加在表达式前，如 Z -［#2 + #1/#4］等。

3）变量号也可以为变量或表达式，其表示形式为#［#100］、#［#100 - 30］等。

4）变量的取值范围为 $-10^{47} \sim +10^{47}$，但在实际 CNC 上，由于 $-10^{-29} \sim +10^{-29}$ 之间的数值（0 除外）已超出 CNC 的运算精度范围，故不能使用。

5）变量采用的是计算机小数点输入方式，即 123.000 可以直接以 123 表示。

6）在不同地址下，变量可根据 CNC 的输入格式，自动四舍五入，例如，当 X 的输入单位为 0.001mm 时，如#1 = 123.456789，X#1 自动成为 X123.457。

变量在 CNC 上的显示如图 5.1-2 所示，当变量值超过了 CNC 显示范围时，LCD 将显示字符“*********”或“+未溢出”、“+溢出”等（详见第 8 章 8.3 节），但数值仍有效。变量可利用 MDI/LCD 面板输入或利用程序进行赋值，有关内容详见后述。



图 5.1-2　变量的显示

3. 空变量和 0 变量

在宏程序中，未定义的变量称“空变量（Null Variable）”；数值为“0”的变量称“0 变量”，空变量和 0 变量有如下区别：

1）显示不同。在 CNC 的 LCD 上，空变量显示为“数据空（DATA EMPTY）”，而 0 变量则直接显示数值 0。变量#0 规定为空变量，且只能用于读出（只读变量）。

2）在程序中，0 变量作为数字 0 处理，但引用空变量时，将连同地址一起被忽略，例如，执行指令：

G90 G#1 X50.0 Y100.0；

当#1 为 0 变量时，相当于程序段“G90 G00 X50.0 Y100.0;”；当#1 为空变量时，则相当于程序段“G90 X50.0 Y100.0;”。

3）如变量用于表达式时，除赋值、判断指令外，其余空变量与 0 变量相同；用空变量赋值的变量仍为空变量，空变量只能进行等于（EQ）、不等于（NE）判别，而用 0 变量赋值的变量值为 0，0 变量可在所以判别式上使用。

4. 变量的分类

FS-0iD 的变量分表 5.1-1 所示的局部变量、公共变量和系统变量三类，三者通过变量号区别，且有不同的性质和用途。

表 5.1-1　变量的汇总与比较

类型	变　量　号	赋　　值	性 质
局部变量	#0	不可	只读
	#1 ~ #33	程序或自变量传送赋值	读/写
公共变量	#100 ~ #199	程序赋值或	读/写
	#500 ~ #999	程序赋值或 MDI/LCD 设定	读/写或只读
系统变量	#1000 ~ #19200	程序赋值、MDI/LCD 设定或 CNC 自动生成	读/写或只读

（1）局部变量

局部变量（Local Variable）在所有宏程序中可自由使用，变量无规定的用途和意义，它们在 CNC 断电时自动清除，变为空变量。通过 CNC 参数 PRM6001.7（CLV）的设定，可选择 CNC 复位是否清除局部变量，设定 0 时，CNC 复位可清除局部变量；设定 1 时，不清除。局部变量的变量号为 #1 ~ #33；它们可以通过宏程序调用指令上的地址 A ~ Z，利用自变量传送功能对其进行赋值。

（2）公共变量

公共变量（Common Variable）是所用宏程序共用的变量，其值统一，因此，利用公共变量，可将某一个宏程序的运算结果用于其他宏程序。公共变量的变量号为#100 ~ #199、#500 ~ #999；#100 ~ #199 为断电清除型，#500 ~ #999 可断电保持；公共变量的用途和意义也无规定。通过 CNC 参数 PRM6001.6（CCV）的设定，可选择 CNC 复位是否清除变量#100 ~ #199，设定 0，CNC 复位可清除变量#100 ~ #199；否则不清除。通过 CNC 参数 PRM6031、PRM6032 的设定，可将该范围的公共变量设定为“只读”。

公共变量中的#500 ~ #549 可通过宏程序指令 SETVNn 定义 1 个或连续多个变量的变量

名，定义了变量名的变量在程序中可以直接以变量名代替变量。例如，执行指令：

SETVN510[POS_X，POS_Y,CEN_X,CEN_Y]；

#510 的变量名被定义为 POS_X、#511 的变量名被定义为 POS_Y、#512 的变量名被定义为 CEN_X、#512 的变量名被定义为 CEN_Y，指令“G02 X#510 Y#511 I#512 J#512;”便可以用指令“G02 X［#POS_X］Y［#POS_Y］I［#CEN_X］J［#CEN_Y］代替。

（3）系统变量

变量号超过#1000 的变量称为系统变量（System Variable），其名称、性质和用途固定不变。通过系统变量，用户可对 CNC 参数、内部数据进行读写或修改，系统变量多用于机床特定控制程序。

5.1.2　系统变量表

FS-0iTD、FS-0iMD 常用的系统变量及含义分别见表 5.1-2 和表 5.1-3。系统变量在程序中可用变量名称代替变量，例如，代表日期的系统变量#3011 的变量名为［#_DATA］，因此，指令“#101 =［#_DATE］”就相当于指令“#101 = #3011”等。

表 5.1-2　FS-0iTD 的系统变量一览表

变量号	变量名	含　义	性质
#1000 ~ #1031	[#_UI[n]]	以二进制形式指定的第 1 组 32 位宏程序输入信号，$n = 0 \sim 31$	只读
#1032 ~ #1035	[#_UIL[n]]	以十进制形式的第 1 ~ 4 组 32 位宏程序输入信号，$n = 0 \sim 3$	只读
#1100 ~ #1131	[#_UO[n]]	以二进制形式指定的第 1 组 32 位宏程序输出信号，$n = 0 \sim 31$	读/写
#1132 ~ #1135	[#_UOL[n]]	以十进制形式的第 1 ~ 4 组 32 位宏程序输出信号，$n = 0 \sim 3$	读/写
#2001 ~ #2064	[#_OFSXW[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的 X 轴磨损量，$n = 1 \sim 64$	读/写
#10001 ~ #10200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 X 轴磨损量	
#2101 ~ #2164	[#_OFSZW[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的 Z 轴磨损量，$n = 1 \sim 64$	
#11001 ~ #11200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 Z 轴磨损量	
#2201 ~ #2264	[#_OFSRW[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的刀尖半径磨损量，$n = 1 \sim 64$	
#12001 ~ #12200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的刀尖半径磨损量	
#2301 ~ #2364	[#_OFST[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的假想刀尖方向，$n = 1 \sim 64$	
#13001 ~ #13200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的假想刀尖方向	
#2401 ~ #2449	[#_OFSYW[n]]	刀补号 01 ~ 49 对应的 Y 轴磨损量，$n = 1 \sim 49$	
#14001 ~ #14200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 Y 轴磨损量	
#2451 ~ #2499	[#_OFSYG[n]]	刀补号 01 ~ 49 对应的 Y 轴偏置量，$n = 1 \sim 49$	
#19001 ~ #19200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 Y 轴偏置量	
#2701 ~ #2474	[#_OFSXG[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的 X 轴偏置量，$n = 1 \sim 64$	
#15001 ~ #15200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 X 轴偏置量	
#2801 ~ #2864	[#_OFSZG[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的 Z 轴偏置量，$n = 1 \sim 64$	
#16001 ~ #16200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的 Z 轴偏置量	
#2901 ~ #2964	[#_OFSRG[n]]	刀补号 01 ~ 64 对应的刀尖半径值，$n = 1 \sim 64$	
#17001 ~ #17200		200 点刀补扩展时，刀补号 01 ~ 200 对应的刀尖半径值	

（续）

变量号	变量名	含　　义	性质
#2501	[#_WKSFTX]	现行工件坐标系的 X 轴偏置值	读写
#2601	[#_WKSFTZ]	现行工件坐标系的 Z 轴偏置值	
#3000	[#_ALM]	宏程序报警显示的内容	写
#3001	[#_CLOCK1]	以 ms 为单位的 CNC 开机时间,关机清除	读/写
#3002	[#_CLOCK2]	以小时为单位的 CNC 开机时间,断电记忆	
#3003	[#_CNTL1]	程序运行控制信号,见下述	读/写
#3004	[#_CNTL2]	程序运行控制信号,见下述	读/写
#3005	[#_SETDT]	CNC 设定参数,见下述	读/写
#3006	[#_MSGSTP]	CNC 停止的操作提示信息	写
#3007	[#_MRIMG]	现行镜像状态	只读
#3008	[#_PRSTR]	现行程序重新启动状态	只读
#3011	[#_DATE]	CNC 日期,年/月/日,断电保持	读/写
#3012	[#_TIME]	CNC 时间,时/分/秒,断电保持	读/写
#3100	[#_EMPTY]	系统固定常数,空变量	只读
#3101	[#_PI]	系统固定常数 π	只读
#3102	[#_E]	系统固定常数 e	只读
#3901	[#_PRTSA]	工件计数值(CNC 参数 PRM 6712)	读/写
#3902	[#_PRTSN]	需加工的工件数(CNC 参数 PRM 6713)	读/写
#4000	[#_MAINO]	当前主程序号	只读
#4001~#4030	[#_BUFG[n]]	模态保存的 01~30 组 G 代码,$n=1\sim30$	只读
#4108	[#_BUFE]	模态保存的 E 代码	只读
#4109	[#_BUFF]	模态保存的 F 代码	只读
#4113	[#_BUFM]	模态保存的 M 代码	只读
#4114	[#_BUFN]	模态保存的程序段号 N	只读
#4115	[#_BUFO]	模态保存的程序号 O	只读
#4119	[#_BUFS]	模态保存的 S 代码	只读
#4120	[#_BUFT]	模态保存的 T 代码	只读
#4201~#4230	[#_ACTG[n]]	当前程序段的 01~30 组 G 代码,$n=1\sim30$	只读
#4308	[#_ACTE]	当前程序段的 E 代码	只读
#4309	[#_ACTF]	当前程序段的 F 代码	只读
#4313	[#_ACTM]	当前程序段的 M 代码	只读
#4314	[#_ACTN]	当前程序段的程序段号 N	只读
#4315	[#_ACTO]	当前程序段的程序号 O	只读
#4319	[#_ACTS]	当前程序段的 S 代码	只读
#4320	[#_ACTT]	当前程序段的 T 代码	只读
#4401~#4430	[#_INTG[n]]	被中断程序段的 01~30 组 G 代码,$n=1\sim30$	只读

（续）

变量号	变量名	含　　义	性质
#4508	[#_INTE]	被中断程序段的 E 代码	只读
#4509	[#_INTF]	被中断程序段的 F 代码	只读
#4513	[#_INTM]	被中断程序段的 M 代码	只读
#4514	[#_INTN]	被中断程序段的程序段号 N	只读
#4515	[#_INTO]	被中断程序段的程序号 O	只读
#4519	[#_INTS]	被中断程序段的 S 代码	只读
#4520	[#_INTT]	被中断程序段的 T 代码	只读
#5001 ~ #5005	[#_ABSIO[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴上一程序段的终点位置，工件坐标系，*n* = 1 ~ 5	只读
#5021 ~ #5025	[#_ABSMT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的当前位置，机床坐标系，*n* = 1 ~ 5	只读
#5041 ~ #5045	[#_ABSOT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的当前位置，工件坐标系，*n* = 1 ~ 5	只读
#5061 ~ #5065	[#_ABSMT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G31 跳步切削位置，工件坐标系，*n* = 1 ~ 5	只读
#5081	[#_TOFSWX]	当前有效的 *X* 轴刀具磨损量	只读
#5082	[#_TOFSWZ]	当前有效的 *Z* 轴刀具磨损量	只读
#5121	[#_TOFSGX]	当前有效的 *X* 轴刀具偏置量	只读
#5122	[#_TOFSGZ]	当前有效的 *Z* 轴刀具偏置量	只读
#5101 ~ #5105	[#_SVERR[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴当前的位置跟随误差，*n* = 1 ~ 5	只读
#5121 ~ #5125	[#_MIRTP[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的手轮中断位置，*n* = 1 ~ 5	只读
#5181 ~ #5185	[#_DIST[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴当前的剩余行程，*n* = 1 ~ 5	只读
#5201 ~ #5205	[#_WZCMN[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的外部工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5221 ~ #5225	[#_WZG54[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G54 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5241 ~ #5245	[#_WZG55[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G55 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5261 ~ #5265	[#_WZG56[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G56 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5281 ~ #5285	[#_WZG57[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G57 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5301 ~ #5305	[#_WZG58[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G58 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写
#5321 ~ #5325	[#_WZG59[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G59 工件坐标系偏置，*n* = 1 ~ 5	读/写

表 5.1-3　FS-0iMD 的系统变量一览表

变量号	变量名	含　　义	性质
#1000 ~ #1031	[#_UI[n]]	以二进制形式指定的第 1 组 32 位宏程序输入信号，*n* = 0 ~ 31	只读
#1032 ~ #1035	[#_UIL[n]]	以十进制形式的第 1 ~ 4 组 32 位宏程序输入信号，*n* = 0 ~ 3	只读
#1100 ~ #1131	[#_UO[n]]	以二进制形式指定的第 1 组 32 位宏程序输出信号，*n* = 0 ~ 31	读/写
#1132 ~ #1135	[#_UOL[n]]	以十进制形式的第 1 ~ 4 组 32 位宏程序输出信号，*n* = 0 ~ 3	读/写
#2001 ~ #2200	[#_OFSHG[n]]	刀补号 H01 ~ H200 对应的长度补偿值，*n* = 1 ~ 200	读/写
#10001 ~ #10400		400 点刀补扩展时，刀补号 H01 ~ H400 对应的长度补偿值	

（续）

变量号	变量名	含　　义	性质
#2201～#2400	[#_OFSHW[n]]	刀补号 H01～H200 对应的长度磨损量，$n=1\sim200$	读/写
#11001～#11400		400 点刀补扩展时，刀补号 H01～H400 对应的长度磨损量	
#2401～#2600	[#_OFSDG[n]]	刀补号 D01～D200 对应的刀具半径补偿值，$n=1\sim200$	
#12001～#12400		400 点刀补扩展时，刀补号 H01～H400 对应的刀具半径补偿值	
#2601～#2800	[#_OFSDW[n]]	刀补号 D01～D200 对应的刀具半径磨损量，$n=1\sim200$	
#13001～#13400		400 点刀补扩展时，刀补号 H01～H400 对应的刀具半径磨损量	
#3000	[#_ALM]	宏程序报警显示的内容	写
#3001	[#_CLOCK1]	以 ms 为单位的 CNC 开机时间，关机清除	读/写
#3002	[#_CLOCK2]	以小时 为单位的 CNC 开机时间，断电记忆	
#3003	[#_CNTL1]	程序运行控制信号，见下述	读/写
#3004	[#_CNTL2]	程序运行控制信号，见下述	读/写
#3005	[#_SETDT]	CNC 参数设定，见下述	读/写
#3006	[#_MSGSTP]	CNC 停止的操作提示信息	写
#3007	[#_MRIMG]	现行镜像状态	只读
#3008	[#_PRSTR]	现行程序重新启动状态	只读
#3011	[#_DATE]	CNC 日期，年/月/日，断电保持	读/写
#3012	[#_TIME]	CNC 时间，时/分/秒，断电保持	读/写
#3100	[#_EMPTY]	系统固定常数，空变量	只读
#3101	[#_PI]	系统固定常数 π	只读
#3102	[#_E]	系统固定常数 e	只读
#3901	[#_PRTSA]	工件计数值（CNC 参数 PRM 6712）	读/写
#3902	[#_PRTSN]	需加工的工件数（CNC 参数 PRM 6713）	读/写
#3908	[#_OFSMEM]	当前生效的刀补方式，0：刀补方式 A；2：刀补方式 C	只读
#4000	[#_MAINO]	当前主程序号	只读
#4001～#4030	[#_BUFG[n]]	模态保存的 01～30 组 G 代码，$n=1\sim30$	只读
#4102	[#_BUFB]	模态保存的 B 代码	只读
#4107	[#_BUFD]	模态保存的 D 代码	只读
#4108	[#_BUFE]	模态保存的 E 代码	只读
#4109	[#_BUFF]	模态保存的 F 代码	只读
#4111	[#_BUFH]	模态保存的 H 代码	只读
#4113	[#_BUFM]	模态保存的 M 代码	只读
#4114	[#_BUFN]	模态保存的程序段号 N	只读
#4115	[#_BUFO]	模态保存的程序号 O	只读
#4119	[#_BUFS]	模态保存的 S 代码	只读
#4120	[#_BUFT]	模态保存的 T 代码	只读
#4130	[#_BUWZP]	模态保存的附加工件坐标系号	只读

（续）

变量号	变量名	含　　义	性质
#4201 ~ #4230	[#_ACTG[n]]	当前程序段的 01 ~ 30 组 G 代码，$n=1\sim30$	只读
#4302	[#_ACTB]	当前程序段的 B 代码	只读
#4307	[#_ACTD]	当前程序段的 D 代码	只读
#4308	[#_ACTE]	当前程序段的 E 代码	只读
#4309	[#_ACTF]	当前程序段的 F 代码	只读
#4311	[#_ACTH]	当前程序段的 H 代码	只读
#4313	[#_ACTM]	当前程序段的 M 代码	只读
#4314	[#_ACTN]	当前程序段的程序段号 N	只读
#4315	[#_ACTO]	当前程序段的程序号 O	只读
#4319	[#_ACTS]	当前程序段的 S 代码	只读
#4320	[#_ACTT]	当前程序段的 T 代码	只读
#4330	[#_ACTWZP]	当前程序段的附加工件坐标系号	只读
#4401 ~ #4430	[#_INTG[n]]	被中断程序段的 01 ~ 30 组 G 代码，$n=1\sim30$	只读
#4502	[#_INTB]	被中断程序段的 B 代码	只读
#4507	[#_INTD]	被中断程序段的 D 代码	只读
#4508	[#_INTE]	被中断程序段的 E 代码	只读
#4509	[#_INTF]	被中断程序段的 F 代码	只读
#4511	[#_INTH]	被中断程序段的 H 代码	只读
#4513	[#_INTM]	被中断程序段的 M 代码	只读
#4514	[#_INTN]	被中断程序段的程序段号 N	只读
#4515	[#_INTO]	被中断程序段的程序号 O	只读
#4519	[#_INTS]	被中断程序段的 S 代码	只读
#4520	[#_INTT]	被中断程序段的 T 代码	只读
#4530	[#_INTWZP]	被中断程序段的附加工件坐标系号	只读
#5001 ~ #5005	[#_ABSIO[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴上一程序段的终点位置，工件坐标系，$n=1\sim5$	只读
#5021 ~ #5025	[#_ABSMT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的当前位置，机床坐标系，$n=1\sim5$	只读
#5041 ~ #5045	[#_ABSOT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的当前位置，工件坐标系，$n=1\sim5$	只读
#5061 ~ #5065	[#_ABSMT[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G31 跳步切削位置，工件坐标系，$n=1\sim5$	只读
#5081 ~ #5085	[#_TOFS[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的当前刀具补偿值，$n=1\sim5$	只读
#5101 ~ #5105	[#_SVERR[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴当前的位置跟随误差，$n=1\sim5$	只读
#5121 ~ #5125	[#_MIRTP[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的手轮中断位置，$n=1\sim5$	只读
#5181 ~ #5185	[#_DIST[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴当前的剩余行程，$n=1\sim5$	只读
#5201 ~ #5205	[#_WZCMN[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的外部工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#5221 ~ #5225	[#_WZG54[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G54 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#5241 ~ #5245	[#_WZG55[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G55 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#5261 ~ #5265	[#_WZG56[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G56 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写

（续）

变量号	变量名	含　义	性质
#5281 ~ #5285	[#_WZG57[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G57 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#5301 ~ #5305	[#_WZG58[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G58 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#5321 ~ #5325	[#_WZG59[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G59 工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#7001 ~ #7005	[#_WZGP1[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G54.1P1 扩展工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
#7021 ~ #7025 #14001 ~ #14005	[#_WZGP2[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G54.1P2 扩展工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写
⋮	⋮	变量号、扩展工件坐标系号按上述顺序依次增加	
#7941 ~ #7945 #14941 ~ #14945	[#_WZGP48[n]]	依次为第 1 ~ 5 轴的 G54.1P48 扩展工件坐标系偏置，$n=1\sim5$	读/写

5.1.3　系统变量说明

1. 宏程序输入/输出

利用宏程序可以读/写部分 PMC 开关量输入/输出信号，从而直接检测机床的工作状态或控制机床动作。可利用宏程序读入状态的 PMC 输出信号称为宏程序输入；可通过宏程序控制状态的 PMC 输入信号称为宏程序输出。在多通道控制的 CNC 上，可以使用多组宏程序输入/输出信号。

（1）宏程序输入

常用的第 1 组宏程序输入的 PMC 信号名称为 UI000 ~ UI031、地址为 G054.0 ~ G057.7，其状态可通过系统变量 #1000 ~ #1031（变量名为#_ UI [n]，$n=0\sim31$）读入到宏程序中。变量 #1000 ~ #1031 读入的是 PMC 输出信号的二进制状态，当 PMC 输出 ON 时，读入的变量值为 1；PMC 输出 OFF 时，读入的变量值为 0。PMC 输出信号的状态只能由 PMC 程序改变，因此，系统变量 #1000 ~ #1031 是“只读”变量，不能通过宏程序进行赋值。

系统变量 #1032（变量名为#_ UIL [1]）用于一次性读入全部宏程序输入，变量值以带符号的十制形式表示，宏程序输入 UI031 被转换为十进制符号位，因此，变量#1032 和#1000 ~ #1031 的关系如下：

$$\#1032 = \sum_{0}^{30} \#(1000+i) \times 2^{i} - \#1031 \times 2^{31}$$

（2）宏程序输出

常用的第 1 组宏程序输出的 PMC 信号名称为 UO000 ~ UO031、地址为 F054.0 ~ F057.7，其状态可通过系统变量 #1100 ~ #1131（变量名为#_UO [n]，$n=0\sim31$）写出到 PMC。变量 #1100 ~ #1131 写出的是 PMC 输入信号的二进制状态，变量值为 1 时，对应的 PMC 输入 ON；变量值为 0 时，对应的 PMC 输入 OFF。PMC 输入信号的状态可由宏程序读入或赋值，因此，系统变量 #1100 ~ #1131 是可读/写变量。

系统变量 #1132（变量名为#_UOL [1]）用于一次性写出全部宏程序输出，变量值以带符号的十制形式表示，宏程序输出 UO031 以十进制符号位表示，因此，变量#1132 和#1100 ~ #1131 的关系如下：

$$\#1132 = \sum_{0}^{30} \#(1100 + i) \times 2^{i} - \#1131 \times 2^{31}$$

2. 程序运行控制

系统变量#3003（变量名#_CNTL1）、#3004（变量名#_CNTL2）可用于程序运行控制，其作用如下。

系统变量#3003 用于程序单段执行控制，不同值的含义如下。

#3003 = 0：单段执行程序，程序段转换需要等待辅助机能执行完成。

#3003 = 1：连续执行程序，程序段转换需要等待辅助机能执行完成。

#3003 = 2：单段执行程序，程序段转换不需要等待辅助机能执行完成。

#3003 = 3：连续执行程序，程序段转换需要等待辅助机能执行完成。

系统变量#3003 也可通过变量名［#_M_SBK］、［#_M_FIN］，以二进制位的形式设定。设定方式如下：

［#_M_SBK］= 0：单段执行程序；

［#_M_SBK］= 1：连续执行程序。

［#_M_FIN］= 0：程序段转换需要等待辅助机能执行完成；

［#_M_FIN］= 1，程序段转换不需要等待辅助机能执行完成。

系统变量#3004 用于操作面板的进给倍率、进给保持输入信号和 G61/G09 程序段的准确停止控制，设定值的含义见表 5. 1-4。

表 5. 1-4　系统变量#3004 的设定

#3004 设定	准确定位	进给倍率	进给保持
0	G61/G09 有效	有效	有效
1	G61/G09 有效	有效	×
2	G61/G09 有效	×	有效
3	G61/G09 有效	×	×
4	×	有效	有效
5	×	有效	×
6	×	×	有效
7	×	×	×

系统变量#3004 也可通过变量名［#_M_FHD］、［#_M_OV］、［#_M_EST］，以二进制位的形式设定。设定方式如下。

［#_M_FHD］= 0：进给保持信号输入有效；

［#_M_FHD］= 1：进给保持信号输入无效。

［#_M_OV］= 0：进给倍率输入有效；

［#_M_OV］= 1：进给倍率输入无效。

［#_M_EST］= 0：G61/G09 程序段的准确停止有效；

［#_M_EST］= 1：G61/G09 程序段的准确停止无效。

3. CNC 参数设定

系统变量#3005 用于图 5. 1-3 所示的 FS-0iD 快捷设定参数或 CNC 参数 PRM0000/0001

（两者相同）的状态读入和参数修改。变量#3005 以十进制格式显示和设定，CNC 能自动将其转换为对应的二进制位数据，#3005 和 CNC 设定参数的对应关系见表 5. 1-5。

表 5. 1-5 系统变量#3005 的作用

#3005 数据位	设定数据	设定显示	代号	作 用
#3005. 0	SD0000 . 0	TV CHECK	TVC	奇偶校验,1:生效;0:无效
#3005. 1	SD0000 . 1	PUNCH CODE	ISO	穿孔代码,1:ISO;0:EIA
#3005. 2	SD0000 . 2	INPUT UNIT	INI	输入单位,1:inch;0:mm
#3005. 5	SD0000 . 5	SEQUENCE NO	SEQ	顺序号,1:自动插入;0:无
#3005. 9	SD0001 . 1	TAPE FORMAT	FCV	程序格式,1:FS-10/11 格式;0:FS-0/16/18 标准格式



图 5. 1-3 FS-0iD 设定参数的显示

a）设定显示 b）设定参数显示

5. 2 宏程序编程

5. 2. 1 宏程序指令

1. 运算指令

FS-0iD 的宏程序算术或逻辑运算可以用表 5. 2-1 中的运算符表示，表中的# i 为存放运算结果的宏程序变量；# j、# k 为参与运算的宏程序变量，常数可直接表示。

表 5. 2-1 宏程序运算指令表

功 能	运 算 式	运 算 符	说 明
赋值	# i = # j	# i = # j	定义变量值
加小数点	——	# i = ADP[# j]	一般不使用
绝对值	# i = | # j |	# i = ABS[# j]	取绝对值
四舍五入	——	# i = ROUND[# j]	按输入格式进行四舍五入
进位取整	——	# i = FUP[# j]	#1 = 123. 2 时, # 2 = FUP[#1] = 124
舍小数取整	——	# i = FIX[# j]	#1 = 123. 9 时, # 2 = FUP[#1] = 123

（续）

功　能	运算式	运算符	说　明
加法运算	$\#i=\#j+\#k$	#i=#j +#k	加法
减法运算	$\#i=\#j-\#k$	#i=#j -#k	减法
乘法运算	$\#i=\#j\times\#k$	#i=#j * #k	乘法
除法运算	$\#i=\#j\div\#k$	#i=#j / #k	除法
幂运算	$\#i=\#j^{\#k}$	#i=POW[#j,#k]	求幂
平方根	$\#i=\sqrt{\#j}$	#i=SQRT[#j]	求平方根
正弦	$\#i=\sin(\#j)$	#i=SIN [#j]	单位:角度(°)
余弦	$\#i=\cos(\#j)$	#i=COS [#j]	单位:角度(°)
正切	$\#i=\tan(\#j)$	#i=TAN [#j]	单位:角度(°)
反正弦	$\#i=\arcsin(\#j)$	#i=ASIN [#j]	取值范围：-90°~90°或 90°~270°
反余弦	$\#i=\arccos(\#j)$	#i=ACOS [#j]	取值范围:0~180°
反正切	$\#i=\arctan(\#j)$	#i=ATAN [#j]	取值范围：-180°~180°或 0°~360°
自然对数	$\#i=\ln(\#j)$	#i=LN [#j]	
指数	$\#i=e^{\#j}$	#i=EXP [#j]	
十/二进制转换	—	#i=BIN[#j]	BCD 码转换为二进制
二/十进制转换	—	#i=BCD[#j]	二进制转换为 BCD 码
逻辑或	#i=#j OR #k	#i=#j OR #k	
逻辑与	#i=#j AND #k	#i=#j AND #k	
逻辑异或	#i=#j XOR #k	#i=#j XOR #k	

宏程序的运算次序与运算法则和数学运算相同，例如，先函数、再乘除、后加减，也可加括号改变运算次序；运算式中的除数不允许为 0 等。

2. 跳转和循环指令

1）无条件转移。无条件转移指令的格式如下：

GOTO *n*；

n 为目标程序段号，执行指令程序将无条件转移到程序段 *n* 并执行。目标程序段号也可用变量代替，如 GOTO #10 等。

2）条件转移。条件转移指令的格式如下：

IF［条件式］GOTO *n*；

n 为目标程序段号。如条件满足，执行指令程序将转移到程序段 *n* 并执行；否则继续执行下一程序段；目标程序段号也可用变量代替。FS-0iD 可使用的条件式如下。

#*i* EQ #*j*：$\#i=\#j$

#*i* NE #*j*：$\#i\neq\#j$

#*i* GT #*j*：$\#i>\#j$

#*i* GE #*j*：$\#i\geqslant\#j$

#*i* LT #*j*：$\#i<\#j$

#*i* LE #*j*：$\#i\leqslant\#j$

3）循环执行。循环指令的编程格式如下：

WHILE［条件式］DO *m*；

当条件满足时，将继续执行下一程序段，直到“END *m*”；否则，直接跳转到指令“END *m*”后的程序段。指令中 *m* 的取值范围为 1、2、3。指令可使用的条件式与“IF［条件式］GOTO *n*”指令同。

使用转移与循环指令时应注意如下几点：

1）“WHILE［条件式］DO *m*”指令中的 *m* 的取值范围为 1、2、3，但可以重复使用，例如：

N10 WHILE[…]DO *m*；
⋮
N30 END1
⋮
N50 WHILE[…]DO *m*；
⋮
N80 END1；
…

2）WHILE［条件式］DO *m* 指令中的执行范围不能交叉，即不能使用如下指令：

```
┌─ WHILE [ … ] DO 1 ;
│  ┌────────┐
│  │程序段  │
│  └────────┘
┌┼─ WHILE [ … ] DO 2 ;
││      ⋮
│└─ END 1 ;
│  ┌────────┐
│  │程序段  │
│  └────────┘
└── END 2 ;
```

3）“WHILE［条件式］DO *m*”指令可使用嵌套，嵌套最大为 3 层。

```
┌─ WHILE [ … ] DO 1 ;
│        ⋮
│  ┌─ WHILE [ … ] DO 2 ;
│  │        ⋮
│  │  ┌─ WHILE [ … ] DO 3 ;
│  │  │  ┌────────┐
│  │  │  │程序段  │
│  │  │  └────────┘
│  │  └─ END 3 ;
│  │        ⋮
│  └─ END 2 ;
│        ⋮
└─ END 1 ;
```

4）“WHILE［条件式］DO *m*”到“END *m*”的程序段，可利用跳转指令跳转到外部，即允许使用下面的指令：

```
┌── WHILE [ … ] DO 1 ;
├── IF [ … ] GOTO n ;
└── END 1 ;
──→ Nn
```

5）外部跳转指令不能进入“WHILE［条件式］DO m”到“END m”的程序段，即不允许使用下面的指令：

```
──── IF [ … ] GOTO n ;
       ⋮
┌── WHILE [ … ] DO 1 ;
├─→ Nn … ;
└── END 1 ;
```

3. 外部数据输出指令

用户宏程序可通过外部输出指令，直接在CNC的RS232C接口上输出变量或字符的ISO或EIA码。数据输出的传输速率、停止位数、代码格式（ISO/EIA）、同步信号、外部设备类型等，可通过CNC的设定参数进行设定。外部输出指令及使用方法如下。

1）接口开启与关闭。进行外部数据输出时，需要通过接口开启指令POPEN连接外部设备，数据输出完成后，利用指令PCLOS关闭接口。例如：

…. ;

POPEN；　　（连接外部设备）

BPRNT[C＊＊X#100[3]Y#101[3]M#10[0]]；（数据输出指令）

DPRNT[X#2[53]Y#5[53]T#30[20]]；　（数据输出指令）

⋮

PCLOS；　　（断开外部设备的连接）

指令POPEN与PCLOS间的程序段允许进行外部数据输出，数据输出过程中，如CNC复位信号生效，将停止数据输出并清除未输出的数据。

2）二进制数据输出。宏程序数据可按二进制格式输出，指令格式如下：

BPRNT[a # b[c]….]；

a：输出字符，可以是字母A~Z、数字0~9、字符“＊”、“+”、“-”、“/”等，字符“＊”代表空格；

b：宏程序变量；

c：有效小数位，仅用于变量转换，不输出小数点。

二进制数据输出的为字长32位的无符号数据，不考虑小数点、负数采用二进制补码、前0不省略、空变量视为0。例如，对于指令：

BPRNT[C＊＊X#100[3]Y#101[3]M#10[0]]；

当#100=0.40956、#101=-1638.4、#10=12.34时，按CNC输入格式的要求，进行小数点、空格转换后，数据为“C_ _ X410 Y-1638400 M12;”，转换为二进制后成为“C_ _ X

0000 019A Y FFE7 0000 M 0000 000C;”，输出的 ISO 码为“C3 A0 A0 D8 00 00 01 9A 59 FF E7 00 00 4D 00 00 00 0C 0A”。

3）十进制数据输出。宏程序数据也可按十进制格式输出，指令格式如下：

DPRNT[*a* # *b*[*cd*]….]；

a、*b*：含义同二进制输出；

c：整数位数；

d：小数位数。

十制数据输出数据最大为9位（不含符号位），实际位数决定于指令中的*c*、*d*值；空变量视为0。小数点、前0、正/负号的输出决定于CNC参数PRM 6001.1（PRT）的设定，设定0时，不输出小数点、前0和+用空格代替，负号正常输出；设定1时，输出小数点、前0和正号不输出，负号正常输出。例如，对于指令：

DPRNT[X#2[53]Y#5[53]T#30[20]]；

当#2 = 128.47398、#5 = −91.2、#30 = 123.456 时，按 CNC 输入格式的取位（X/Y 为 8 位，T 为 2 位）并添前 0 后，数据转换为“X000128.474 Y−000091.200 T23;”。因此，如设定 PRM 6001.1 = 0，将输出“X_ _ _ 128.474 Y− _ _ _91.200 T_ 23;”，其 ISO 码为“D8 A0 A0 A0 B1 B2 B8 2E B4 B7 B4 59 2D A0 A0 A0 39 B1 2E B2 30 30 D4 A0 B2 33 0A”；如设定 PRM 6001.1 = 1 时，将输出“X128.474 Y− 91.200 T23;”，其 ISO 码为“D8 B1 B2 B8 2E B4 B7 B4 59 2D 39 B1 2E B2 30 30 D4 A0 B2 33 0A”。

5.2.2 宏程序调用与返回

1. 宏程序调用

（1）调用指令

用户宏程序既可以作为独立程序运行，也可以由其他 CNC 加工程序调用。宏程序可通过表 5.2-2 所示的多种指令调用。

表 5.2-2 宏程序的调用指令一览表

调用指令	类型	调用宏程序号	嵌套	特 点
G65	非模态	P 指定,任意	5 层	自由调用
G66	模态	P 指定,任意	5 层	自由调用,用 G67 撤销模态调用
特定 G 代码	非模态	O9010 ~ O9019	1 层	特定调用,G 代码由参数 PRM6050 ~ 6059 设定
特定 M 代码	非模态	O9001 ~ O9009	1 层	特定调用,M 代码由参数 PRM6071 ~ 6079 设定
	非模态	O9020 ~ O9029	1 层	特定调用,M 代码由参数 PRM6080 ~ 6089 设定
T 码	非模态	O9000	1 层	参数 PRM6001.5 设定 1 时,任何 T 代码均可调用

（2）自由调用和特定调用

用户宏程序调用有自由调用和特定调用两种方式。自由调用是指调用指令可自由指定需要调用的宏程序号，它用于 G65、G66 调用，调用过程如图 5.2-1 所示。

自由调用的指令格式如下：

G65（或 G66）P $\underline{p}$　L $\underline{l}$〈变量赋值指令〉；

p：宏程序号；

l：重复调用次数；

变量赋值的方法见后述。

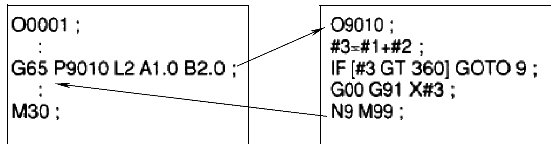


图 5. 2-1　用户宏程序的自由调用

特定调用是指调用指令和调用的宏程序号一一对应的调用方式，它用于特定 G、M、T 代码的调用。特定调用的宏程序号固定，其调用代码需要通过 CNC 参数进行设定，例如，设定 PRM6050 = 70、PRM6051 = 71，则调用宏程序 O9010、O9011 的 G 代码分别为 G70、G71；设定 PRM6071 = 60、PRM6080 = 50，则调用宏程序 O9001、O9020 的 M 代码分别为 M60、M50；设定 PRM6001. 5 = 1，程序中所有 T 代码均可调用宏程序 O9000 等。

以设定 CNC 参数 PRM6080 = 50 为例，宏程序的特定调用过程如图 5. 2-2 所示。

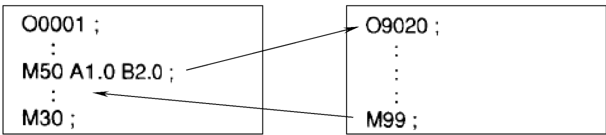


图 5. 2-2　用户宏程序的特定调用

特定调用的指令编程格式如下：

M□□（或 G□□、T□□）L $\underline{l}$〈变量赋值指令〉；

M□□（或 G□□、T□□）：宏程序调用代码；

l：重复调用次数；

变量赋值的方法见后述。

（3）宏程序返回

宏程序返回和子程序返回相同，它也通过结束指令 M99 返回。一般情况下，宏程序执行完成后，程序将返回到调用程序段，然后继续执行下一程序段。但也可通过结束指令 M99 P $\underline{n}$，使得宏程序执行完成后，返回到程序号为 n 的程序段，有关内容可参见第 2 章 2. 1 节。

2. 自变量传送赋值

自变量传送赋值是通过宏程序调用指令中的指定程序字，直接将变量值写入到局部变量 #1 ~ #33 的赋值方法，它可采用自变量指定Ⅰ、自变量指定Ⅱ和混合赋值 3 种方式赋值。

（1）自变量指定Ⅰ

采用自变量指定Ⅰ赋值时，局部变量中的#1 ~ #26 可利用程序字 A ~ Z 赋值，变量#27 ~ #33 不能赋值。自变量指定Ⅰ的程序字与赋值变量的对应关系见表 5. 2-3。

表 5. 2-3　自变量指定Ⅰ的程序字与局部变量对应关系表

程序字	A	B	C	D	E	F	—	H	I	J	K	—	M
局部变量	#1	#2	#3	#7	#8	#9	#10	#11	#4	#5	#6	#12	#13
程序字	—	—	—	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
局部变量	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23	#24	#25	#26

自变量指定Ⅰ赋值时需要注意：局部变量号和程序字的字母次序无对应关系，如程序字 D 所赋值的变量为#7 而不是#4 等；赋值指令中的 I、J、K 必须按次序排列，其余程序字次序无要求。例如，调用指令：

G65 P9100 X100.0 Y－200.0 Z －80.0 R－58.0 A 30.0 B 45.0 I50.0；

可对宏程序 O9100 中的局部变量进行如下赋值：

#1＝30.0、#2＝45.0、#4＝50.0、#18＝－58.0、#24＝100.0、#25＝－200.0、#26＝－80.0。

（2）自变量指定Ⅱ

自变量指定Ⅱ赋值在 CNC 参数 PRM6008.7 设定为 0 时有效，采用本方式赋值时，局部变量#1～#33 可利用程序字 A、B、C 和 I、J、K 赋值，其中，I、J、K 可在调用指令中多次重复编程，它可对全部局部变量进行赋值。自变量指定Ⅱ的程序字与赋值变量的对应关系见表 5.2-4。

表 5.2-4　自变量指定Ⅱ的程序字与局部变量对应关系表

程序字	A	B	C	I_1	J_1	K_1	I_2	J_2	K_2	I_3	J_3	K_3	I_4
局部变量	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13
程序字	J_4	K_4	I_5	J_5	K_5	I_6	J_6	K_6	I_7	J_7	K_7	I_8	J_8
局部变量	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23	#24	#25	#26
程序字	K_8	I_9	J_9	K_9	I_{10}	J_{10}	K_{10}						
局部变量	#27	#28	#29	#30	#31	#32	#33						

（3）混合赋值

宏程序调用指令也可采用自变量指定Ⅰ、自变量指定Ⅱ混合赋值的方式，对局部变量#1～#33 进行赋值。两种赋值方式的优先级相同，如同一局部变量进行了重复赋值，则后赋值的变量值有效。例如，执行指令：

G65 P9100 A 30.0 B 45.0 I－3.0 I 4.0 D5.0；

独立赋值的局部变量为#1＝30.0（A）、#2＝45.0（B）#4＝－3.0（I_1 指定）；重复赋值的变量有#7＝4.0（I_2 指定）和#7＝5.0（D 指定），以后定义的 D 值有效，变量#7＝5.0。

5.2.3　宏程序编程实例

【例 5-1】　对于图 5.2-3 所示圆周孔加工，假设中心坐标为（x，y）、孔数为 h、圆周半径为 i、孔起始角为 a、角度增量为 b，可通过用户宏程序编制一个通用的孔加工程序。

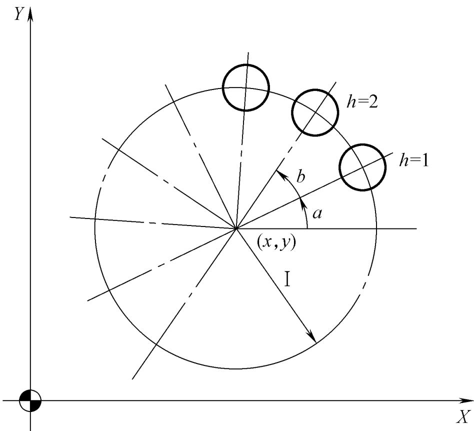


图 5.2-3　圆周分布孔加工

宏程序变量定义如下：

#24：圆心的坐标 x；

#25：圆心的坐标 y；

#26：孔底平面 z；
#18：参考平面 r；
#9：进给速度 f；
#4：半径 i；
#1：孔起始角 a；
#2：角度增量 b；
#11：孔序号 h；
#3、#5、#6：中间变量。
其宏程序如下：

```
O 9100;
#3 = #4003;                  (读取 03 组 G 代码 G90/G91)
G81 Z#26 R#18 F#9 K0;        (存储固定循环数据,因循环次数 K 的数值为 0,不进行
                             加工)
IF[#3 EQ 90]GOTO 1;          (如为 G90 绝对编程,转到 N1)
#5 = #5001 + #24;            (如为 G91 增量编程,计算圆心的 X 轴坐标)
#6 = #5002 + #25;            (如为 G91 增量编程,计算圆心的 Y 轴坐标)
N1  WHILE[#11 GT 0]DO 1;     (如剩余孔数大于 0,执行以下循环程序段)
#5 = #24 + #4 * COS[#1];     (计算孔中心坐标 x,绝对尺寸)
#6 = #25 + #4 * SIN[#1];     (计算孔中心坐标 y,绝对尺寸)
G90 X#5 Y#6;                 (定位到孔中心,并执行 G81 钻孔循环)
#1 = #1  + #2;               (改变角度)
#11 = #11  - 1               (剩余孔数减 1)
END 1                        (循环程序结束)
G#3 G80;                     (恢复 03 组 G 代码 G90/G91,取消固定循环)
M99;                         (宏程序结束)
```

以上宏程序可通过加工程序中的如下指令调用和赋值：

G65 P9100　X　$\underline{x}$　Y　$\underline{y}$　Z　$\underline{z}$　R　$\underline{r}$　F　$\underline{f}$　I　$\underline{i}$　A　$\underline{a}$　B　$\underline{b}$　H　$\underline{h}$；

【例 5-2】　对于图 5.2-4 所示数控车床的分级进给深孔加工，假设孔深为 w（增量值）或 z（绝对坐标）、每次进给深度为 k，利用用户宏程序编制的程序如下。

宏程序变量定义如下。
#23：孔深 w（增量值）；
#26：孔深 z（绝对坐标值）；
#6：每次进给深度 k；
#9：进给速度 f；
#1：孔深；
#2：已加工深度。
其宏程序如下：
O 9101；

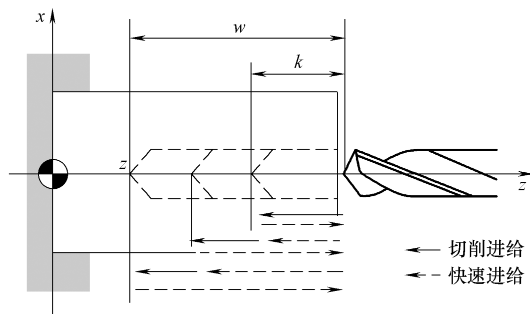


图 5.2-4　数控车床深孔加工宏程序

```
#1 =0;                                  (初始化孔深数据)
#1 =2;                                  (已加工孔深清零)
IF[#23 NE #0]GOTO 1;                    (如为 W 增量编程,转 N1)
IF[#26 EQ #0]GOTO 8;                    (如为 Z 未编程,程序出错)
#23 =#5002 - #26;                       (计算绝对编程时的孔深)
N1  #1 =#1 + #6;                        (计算进给深度)
IF[#1 LE #23]GOTO 2;                    (如进给深度小于孔深,转 N2 进行加工)
#1 =#23;                                (如进给深度大于孔深,以孔深为进给深度)
N2  G00 W -#2;                          (快速进给至加工开始位置)
G01 W -[#1 -#2] F#9;                    (孔加工)
G00 W#1;                                (回退)
IF[#1 GE #23]GOTO 9;                    (如进给到规定深度,程序结束)
#2 =#1;                                 (存储已加工深度)
GOTO 1;                                 (转 N1,进行下次进给)
M99;                                    (程序正常结束)
N8  #3000 =1(NO Z OR W COMMAND);        (宏程序报警"未指令 Z 或 R",程序结束)
```

以上宏程序可通过加工程序中的如下指令调用和赋值。

G65 P9101 Z *z* K *k* F *f*；或：

G65 P9101 W *w* K *k* F *f*；

【例 5-3】 在 FS-0iD 上，R 是 PMC 的内部继电器，其地址范围一般为 R0 ~ R7999，假设某机床需要通过宏程序调用指令“G65 P9102 R *r*;”，利用变量#100 读取内部继电器状态，并将其转换为十进制数值的参考程序如下。

```
O9102;
IF[#18 LT 0] GOTO 9;                    (R 小于 0 报警)
IF[#18 GT 7999] GOTO 9;                 (R 大于 7999 报警)
N1  #1132 =#18;                         (通过宏程序输出发送地址 R)
IF[#1008 EQ 0] GOTO 1;                  (检查宏程序输入 UI008,该信号为 1,表明
                                        PMC 已通过宏程序输入 UI000 ~ UI007 发
                                        送 R 状态)
#100 =BCD[#1032 AND 255];               (读入 UI000 ~ UI007,并转换为十进制数)
M99;
N9  #3000 =2(INCORRECT R COMMAND);      (宏程序报警"R 指令不正确",程序结束)
```

5.3 宏程序的执行与中断

5.3.1 宏程序执行

1. 宏程序段

编制用户宏程序的目的是简化编程或实现特殊控制要求，程序含有普通 NC 程序段和宏

程序段，两者的执行过程与处理方法有所不同。

宏程序段是指程序中的算术运算与逻辑运算程序段、转移与循环程序段和宏程序调用程序段，它具有如下特点：

1）宏程序程序段的单段停止，决定于 CNC 参数 PRM6000.5（SBM）的设定，设定 1，允许单段停止；否则，单段停止无效。

2）在刀具半径补偿有效期间，宏程序段作为非移动段处理。

3）宏程序段的处理在程序段预读过程中完成。

4）宏程序段不可使用程序检索功能，也不能在中断后转入 MDI 加工。

2. 宏程序段的处理

宏程序段的处理在程序段预读时完成，其处理与刀具补偿有关，具体如下：

1）对于非刀具半径补偿程序段，CNC 需要预读 1 个运动程序段进行预处理，因此，如图 5.3-1 所示，当 CNC 执行 N1 时，需要进行 N4 的预处理，故宏程序段 N2、N3 将在执行 N1 的同时，被 CNC 提前处理。

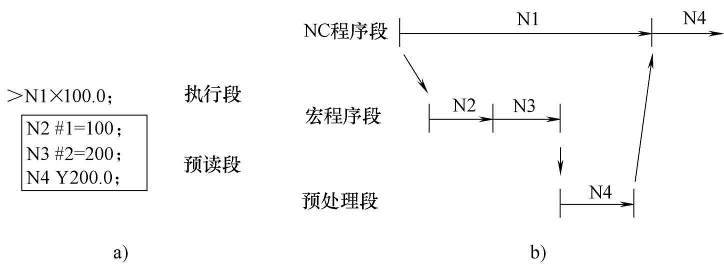


图 5.3-1 非刀具半径补偿程序段的处理

a）程序 b）处理过程

2）Z 刀具半径补偿 G41/G42 有效的程序段，CNC 需要预读 2 个移动段进行预处理，因此，如图 5.3-2 所示，当 CNC 执行 N1 时，需要进行 N3、N7 的预处理，故宏程序段 N2、N4、N6 将在执行 N1 的同时，被 CNC 提前处理。

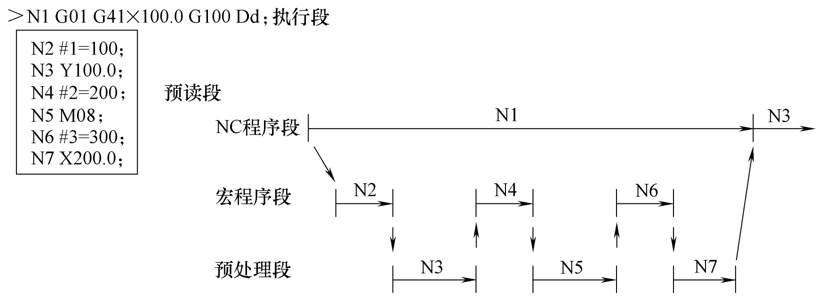


图 5.3-2 刀具半径补偿程序段的处理

3. 预处理禁止

宏程序中的 M00/M01/M02/M30 程序段、G53 机床坐标系选择程序段、G31 跳步切削程序段将禁止宏程序段的预处理，CNC 必须在完成 NC 程序段处理后，才能进行下一程序段的处理。

宏程序段的预处理加快了程序执行速度，但它可能导致它与加工程序的不同步，为此，

可以通过设定预处理禁止 M 代码，禁止预处理。FS-0iD 的禁止宏程序预处理 M 代码可通过如下方法设定：

PRM 3411 ~ PRM3420：可设定 10 个禁止程序段预处理的 M 代码；

PRM 3421 ~ PRM3432：可设定 6 个禁止程序段预处理的 M 代码区域，设定范围内的 M 代码生效时，将禁止宏程序段的预处理。

5. 3. 2　宏程序中断

1. 使用条件

宏程序中断是通过外部输入信号中断现行程序、直接调用指定宏程序的功能，宏程序的调用不需要编制调用指令。宏程序中断功能的使用条件如下：

1）设定 CNC 参数 PRM6003. 7(MUS) = 1，生效宏程序中断功能。

2）通过 PMC 程序，在 PMC 输出信号 G053. 5 上发送宏程序中断信号 UNIT。

3）在 CNC 参数 PRM6003. 3（TSE）上设定中断信号的类型，设定 0 为上升沿有效；设定 1 为信号 ON 有效。

4）在 DNC 运行或执行外部输入程序时，不能进行宏程序中断。

2. 中断允许与禁止

通过 CNC 参数的设定，可以 M 代码生效或禁止宏程序中断功能，相关参数的设定方法如下：

PRM6003. 4(MPR) = 0：M96 生效宏程序中断；M97 禁止宏程序中断。

PRM6003. 4(MPR) = 1：利用 CNC 参数 PRM6033 设定的 M 代码，生效宏程序中断功能；利用 CNC 参数 PRM6034 的 M 代码设定禁止宏程序中断功能。

如图 5. 3-3 所示，当宏程序中断被 M 代码禁止时，宏程序中断输入信号将无效。

3. 中断方式

利用宏程序中断功能中断现行程序的方法有两种。

(1) 中断方式 Ⅰ

中断方式 Ⅰ 在设定 CNC 参数 PRM6003. 2(MIN) = 0 时有效。中断方式 Ⅰ 有效时，只要输入宏程序中断信号 UNIT，CNC 将立即中止现行程序段的执行，转入宏程序。如果宏程序中含有普通 NC 程序段，被中止的现行程序段中尚未完成部分将被放弃，宏程序返回后将从中断程序段的下一段开始继续，其处理过程如图 5. 3-4 所示。

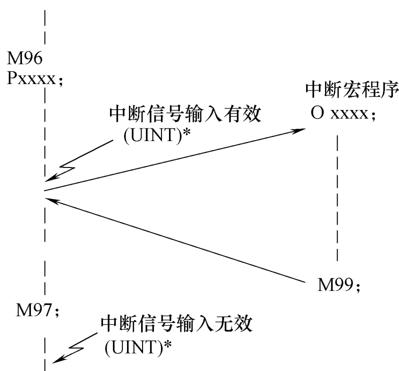


图 5. 3-3　中断允许与禁止

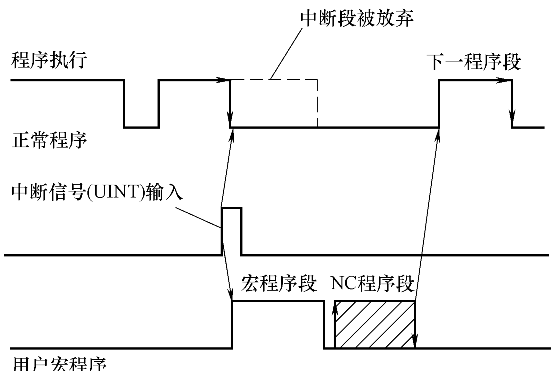


图 5. 3-4　有 NC 程序段的中断处理

如宏程序中无普通 NC 程序段，宏程序执行完成后，将返回到被中断的程序段，继续执行被中止的现行程序段中剩余部分，其处理过程如图 5.3-5 所示。

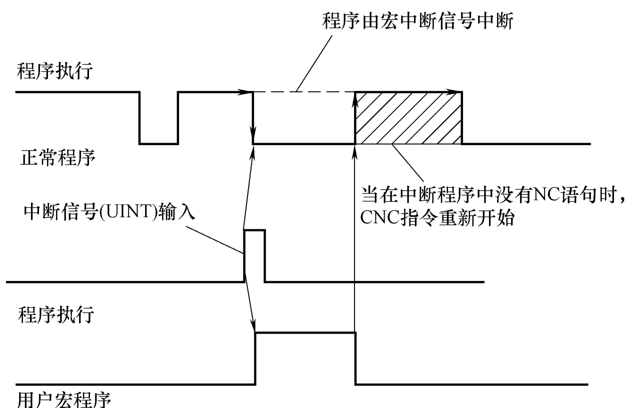


图 5.3-5　无 NC 程序段的中断处理

（2）中断方式Ⅱ

选择中断方式Ⅱ在 CNC 参数 PRM6003.2（MIN）设定 1 时有效。中断方式Ⅱ有效时，如宏程序中含有普通 NC 程序段，执行到 NC 程序段时将暂停宏程序的处理；CNC 先处理被中止的现行程序段中的剩余部分，然后才能处理宏程序的 NC 程序段，其执行过程如图 5.3-6 所示。如中断宏程序中无普通 NC 程序段，其处理与中断方式Ⅰ相同。

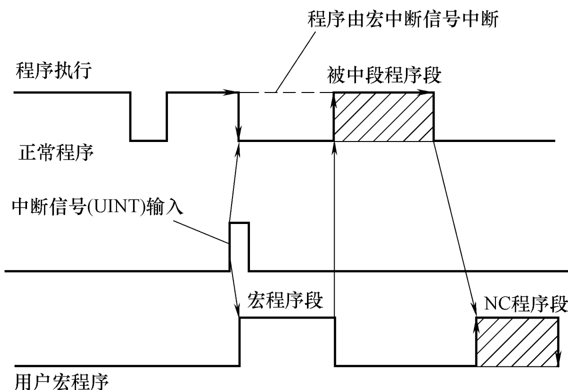


图 5.3-6　有 NC 程序段的中断Ⅱ处理

4. 固定循环的中断

固定循环执行期间是否进行宏程序中断，可通过 CNC 参数 PRM6003.6（MCY）的设定选择，设定 0 时，宏程序中断无效；设定 1 时，宏程序中断有效，中断方式通过 CNC 参数 PRM6003.2（MIN）设定选择。

当选择中断方式Ⅰ时，如宏程序中含有 NC 程序段，固定循环的剩余动作将被放弃；如宏程序中无 NC 程序段，宏程序执行完成后，将继续执行固定循环的剩余动作。当选择中断方式Ⅱ时，宏程序中断需要等待固定循环执行到最后一个运动程序段时，才能转入用户宏程序。如宏程序含有 NC 程序段，则这一程序段必须在循环结束后才能处理；如宏程序中无 NC 程序段，在宏程序执行完成后，继续执行固定循环的剩余动作。

执行宏程序时，原程序中的宏程序模态调用指令 G66 被暂时取消，但当返回到原程序后，模态调用功能被自动恢复。

5. 中断的返回

中断宏程序执行完成后，将返回到被中断的程序继续执行，返回位置有如图 5.3-7 所示的两种指令方式。

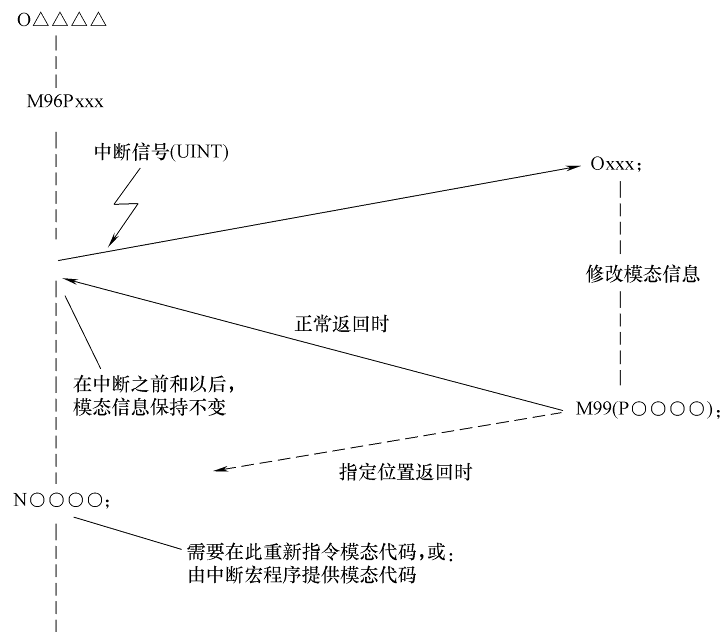


图 5.3-7　宏程序中断的返回

1）正常返回：如宏程序以 M99 指令结束，执行完成后正常返回，并根据不同的中断方式处理被中止的程序段。正常返回时，可恢复被中断程序段的模态代码。

2）指定位置返回：如宏程序以指令 M99P□□结束，宏程序执行完成后将返回到被中断程序的 N□□处。在这种情况下，如宏程序未进行模态代码的修改，被中断程序中的模态代码继续有效；如宏程序中对模态代码进行了修改，它将影响被中断程序的模态代码，因此，需要在返回程序段中定义完整的模态代码或在宏程序返回时设定模态代码。

第6章 对话编程和引导编程

6.1 对话编程

6.1.1 对话编程和引导编程

FS-0iD 的常规 NC 程序编制属于手工编程，宏程序编程属于简单的语言式自动编程，除此以外，还可选择简单的图形交互式对话编程。FS-0iD 的图形交互式对话编程有 G 代码图形对话编程（简称对话编程）与 0i 引导编程两种，其区别如下。

1. 对话编程

对话编程是利用 CNC 的图形显示功能，通过图形来描述 G 代码指令的一种方法，它具有如下特点：

1）对话编程需要在程序编辑（EDIT）方式，结合常规的 NC 程序编辑进行，它仅是 NC 程序输入的一种辅助手段。

2）对话编程只限于一般的 G 指令，G12.1/G13.1、G107）等特殊 G 代码无法使用图形对话编程功能。

3）程序中的辅助功能代码 M、F、S、T 等不能使用图形对话编程功能编程。

2. 引导编程

0i 引导编程（Manual Guide 0i）是通过 CNC 的图形、文本显示，利用人机对话的方式，自动生成完整 NC 加工程序的编程方式，它具有如下特点：

1）引导编程可在 CNC 任何操作方式下，通过 MDI 面板上的功能键〖CSTM/GR〗，以后台编辑的方式进入，无须将 CNC 操作方式切换到 EDIT。

2）引导编程既可用于常规的 G 代码，也可用于辅助功能代码 M、F、S、T 等，它可以生成完整的加工程序。

3）利用引导编程的循环（CYCLE）功能，可通过对话生成孔群加工、型腔加工等典型、复杂的加工程序。利用引导编程的轮廓（CONTER）功能，可以进行多种不同的运算，连续计算多个程序段的运动轨迹。

4）引导编程可以通过在线帮助，直接在 CNC 上进行数学运算。

引导编程既可用来创建新的 NC 加工程序，也可用于加工程序的编辑和修改。但利用引导编程方式所生成的加工程序通常不如常规 NC 加工程序规范、严谨，其程序检查有所不便，建议读者根据实际情况使用。0i 引导编程需占用 2M 存储器容量和程序号 O1000 ~

1299、O3000～3299、O5000～5099、O6000～6899、O7200～7999、O8000～8699、O9700～9919，宏程序变量#10000～11999、#20000～23999、#30000～31199。

6.1.2 对话编程操作

1. 程序输入

FS-0iC 的对话编程只能在编辑（EDIT）方式下进行 G 指令编程，其操作步骤如下：

1）选择 CNC 的程序编辑操作方式“EDIT”。

2）按 MDI 面板上的 PROG 键，选择图 6.1-1 所示的程序显示页面。

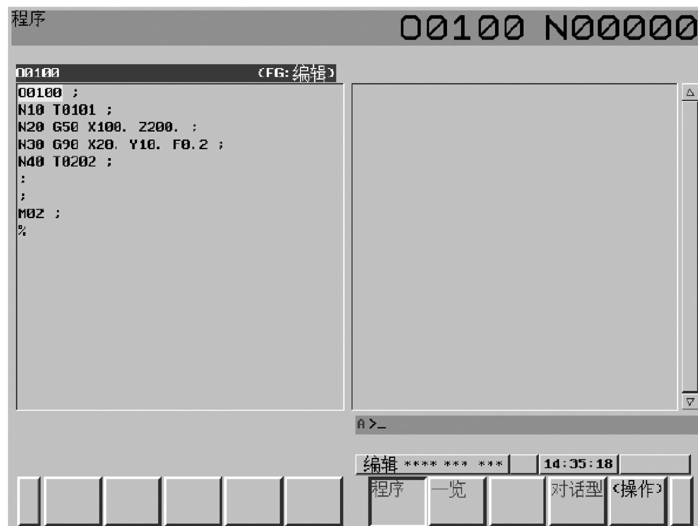


图 6.1-1 FS-0iD 程序显示页面

3）通过面板输入程序号 O□□□□，并通过功能键〖(操作)〗→〖检索〗选择一个已有程序，或利用 INSERT 键创建一个新的程序。

4）按功能键〖对话型〗，选择图 6.1-2 所示的 G 代码菜单，可通过 PAGE↑ 或 PAGE↓ 转换 G 代码菜单页面，显示所需要的 G 代码菜单显示。

5）输入 G□□、并按功能键〖段〗，可显示图 6.1-3 所示的 G 指令图形，在该页面上可显示所选 G 指令轨迹和需要输入的参数，如 FS-0iTD 的绝对位置（X，Z）和增量位置 U、W 等。

6）通过光标选择需要的地址，输入数字键和 INPUT 键输入数值。

7）重复⑥操作，直到 G 代码的全部数据输入完成。

8）利用 INSERT 键存储所编制的程序段；CNC 再次显示 G 代码菜单页面，进行下一程序段输入。

9）重复 5）～8）直到输入完成。输入完成后，按功能键〖程序〗，对话编程输入的程序被转换为常规的 NC 程序。

10）按 RESET 键，返回到程序开始位置。



图 6.1-2　G 代码菜单显示页面

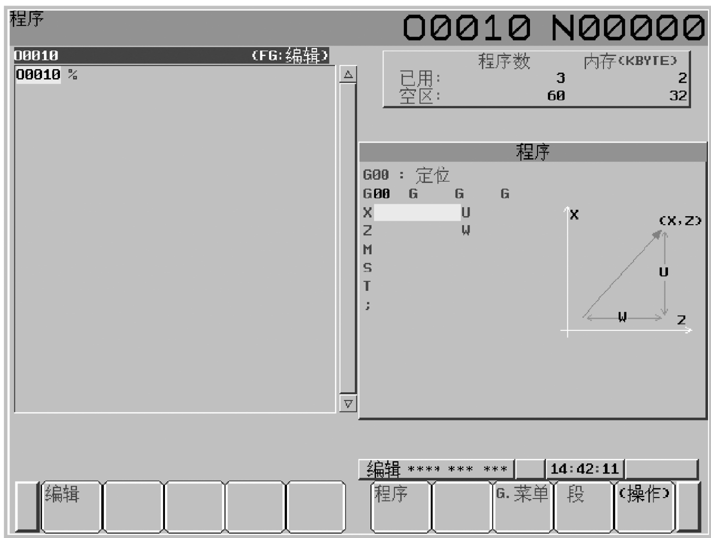


图 6.1-3　G 指令轨迹显示

2. 程序编辑

在程序编辑方式下，可以利用对话编程对已有的 NC 程序进行编辑，其操作步骤如下。

1）~3）进行上述程序输入步骤 1）~3）同样的操作，选择需要修改的程序。

4）通过光标键，定位到需要编辑的位置，并按功能键〖对话型〗选择 G 代码菜单显示页面。

5）如只需要修改 G 指令的数值，通过光标选择需要的地址后，直接用数字键和 MDI 面板键的 INPUT 输入数值。

6）如需要修改 G 代码，可以通过 ◁ 键与功能键〖G. 菜单〗显示 G 代码菜单；输入新的 G 代码，并按功能键〖段〗显示 G 指令的图形，并在该页面输入所需要的参数。

7）数据输入完成后，按 MDI 面板上的ALTER键，替换原程序段。

3. 程序段插入和删除

对话编程的程序段插入操作步骤如下：

1）~3）进行上述程序输入步骤①~③同样的操作，选择需要修改的程序。

4）将光标定位到需要插入程序段的位置。

5）按功能键〖G. 菜单〗显示 G 代码菜单，通过功能键〖段〗显示指定 G 代码图形，并输入 G 代码所需要的参数。

6）完成程序段输入后，按 MDI 面板上的INSERT键，插入程序段。

对话编程的程序段删除操作步骤如下。

1）~3）进行上述程序输入步骤①~③同样的操作，选择需要修改的程序。

4）将光标调整到需要删除的程序段上。

5）按 MDI 面板上的DELETE键，删除一个程序段。

6.2 引导编程及操作

6.2.1 常规指令编程

1. 引导编程功能

0i 引导编程（Manual Guide 0i）是 FS-0iD 的附加功能，需要订购相应的软件。引导编程可在任意操作方式下，通过 MDI 面板上的功能键CSTM/GRPH或CUSTOM1，以后台编辑的方式进入，引导编程的显示如图 6.2-1 所示。

在显示页面上，通过输入程序号（如 O0015）便可进入图 6.2-2 所示的程序创建（程序号未使用）或程序编辑（程序已存在）页面，引导编程不能对执行中的程序进行编程。

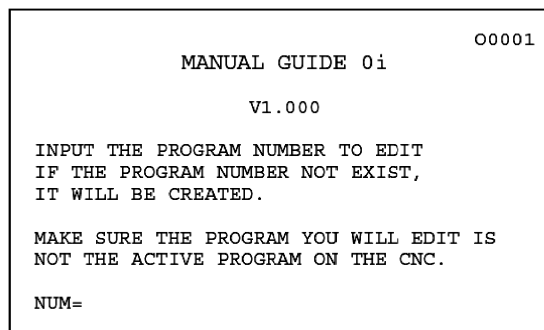


图 6.2-1 FS-0iC 引导编程页面

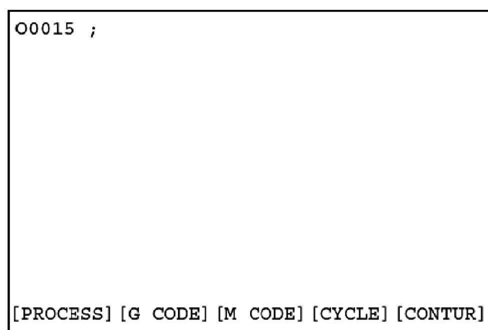


图 6.2-2 引导编程的程序编辑页面

引导编程的程序编辑页面下部共有 5 个软功能键，用于编程指令的选择与输入，功能键的作用如下。

〖PROCESS〗：用于辅助机能 F、S、T 指令编程；

〖G CODE〗：用于 G 指令编程；

〖M CODE〗：用于辅助机能 M 指令编程；

〖CYCLE〗：用于孔群加工、型腔铣削或粗车、精车等复杂加工循环编程；

〖CONTUR〗：用于轮廓编程。

利用以上〖PROCESS〗、〖G CODE〗和〖M CODE〗功能键编制的加工程序，为常规 NC 加工程序，其编程方法如下。

2. F/S/T 指令编程

选择程序编辑页面的软功能键〖PROCESS〗，CNC 可显示图 6.2-3 所示的页面。

调节光标，可在不同的提示栏输入以下程序参数。

FEED：进给速度 F 的值；

SPINDLE：主轴转向（DIR）和转速值（S）；

COOLANT：冷却如内冷 M07、外冷 M08 等；

T-CODE：输入刀号。

利用数字键和 INPUT 键，可将所需要的程序参数输入到相应的显示栏，输入完成后利用功能键〖ACCEPT〗进行存储；错误的输入可以用功能键〖CLEAR〗清除。

```
PROCESS CONTROL INFORMATION

        -- FEED ---      F=
        -- SPINDLE -- DIR=
                         S=
        -- COOLANT -- CLT=
        -- T-CODE --     T=

INPUT DESIRED SPINDLE SPEED
0 ~ 3000
NUM=

 [PROCESS][        ][        ][CLEAR][ACCEPT]
```

图 6.2-3　切削参数输入页面

3. G 代码输入

选择程序编辑页面的功能键〖G CODE〗，CNC 可显示图 6.2-4 所示的 G 代码输入页面。通过 MDI 面板的“选页”键 PAGE↑ 与 PAGE↓ 可显示更多的 G 代码。

输入 G 代码数值（如 01）并利用 INPUT 键确认，CNC 即可显示该指令的帮助文件，查阅对应指令的说明。指令说明可通过软功能键〖TEXT〗以图 6.2-5 所示的文本形式或通过〖GRAPH〗以图 6.2-6 所示图形的形式显示。

```
G CODE HELP   1 OF 7
  G00  RAPID MOVE
  G01  LINEAR MOVE
  G02  CW CIRCLE
  G03  CCW CIRCLE
  G04  DWELL
  G20  INCH MODE
  G21  METRIC MODE
  G22  STORED STROKE CHECK ON
  G23  STORED STROKE  CHECK OFF


  PAGE KEYS FOR MORE
NUM=
  INPUT 21 FOR G21 HELP
[        ][        ][        ][        ][        ]
```

图 6.2-4　G 代码输入页面

```
 G01 LINEAR MOVE
G01 WILL MOVE THE AXES AT PROGRAMMED
FEEDRATE TO THE END POINT SPECIFIED BY
THE PROGRAMMED COORDINATES.


 [TEXT  ][GRAPH. ][        ][        ][        ]
```

图 6.2-5　G 代码文本说明

在选择了 G 代码后，可继续利用地址、数字键输入坐标值，输入完成后用 EOB 和 INSERT 键将所需要的数据输入到程序中。

4. M 代码输入

选择程序编辑页面的功能键〖M CODE〗，CNC 可以显示图 6.2-7 所示的 M 代码显示页面。通过 MDI 面板的“选页”键与，同样可显示更多的 M 代码。

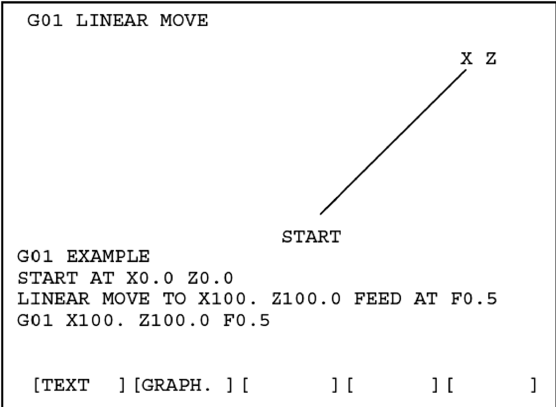


图 6.2-6 G 代码图形说明

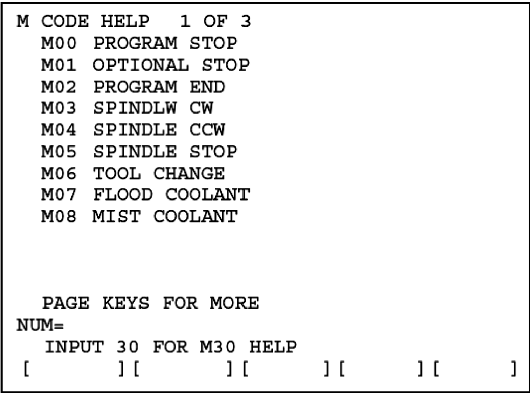


图 6.2-7 M 代码输入页面

输入 M 代码数值（如 01）并利用键确认，CNC 即可显示图 6.2-8 所示的 M 代码的文本型帮助文件。输入完成后用 MDI 面板的和键，将所需要的数据输入到程序中。

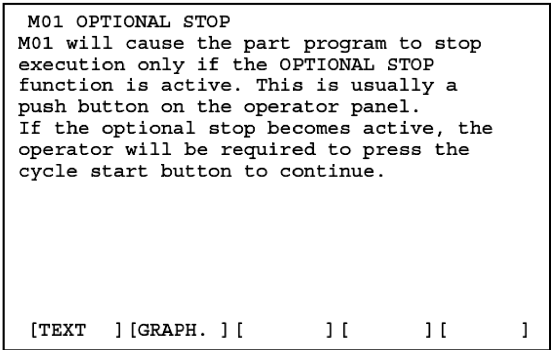


图 6.2-8 M 代码说明

6.2.2 引导循环编程

1. 引导循环的特点

通过引导编程生成的固定循环称引导循环，它与普通固定循环有如下不同：

1）引导循环可用于孔群、型腔等多孔或复杂形状加工，其功能相当于固定循环指令和平面定位程序的合成，因此，需要定义的参数多、生成的程序复杂。

2）引导循环一般由定义加工方式和加工参数的“加工形式段”、定义加工位置和运动轨迹的“加工图形段”组成，两者需要同时输入，例如：

G1130 F0.2 E15.0 Q2.5 H1.0 K1.0 W1.0；（加工形式段）

G1460 X50.0 Z－50.0 U50.0 D15.0 W15.0；（加工图形段）

3）每一加工形式段只能编入一个加工图形段，在引导编程时应首先定义加工形式段，然后再通过功能键〖CYCLE〗，输入加工图形段。复杂图形需要多次使用引导循环。

4）FS-0iMD 与 FS-0iTD 的引导循环有所不同，详见后述的说明。

2. 加工形式段

引导循环的加工形式段和固定循环类似，它用于加工方式选择与加工参数定义。例如，对于孔加工，在加工形式段上可选择普通钻孔、深孔加工、正/反转攻螺纹、刚性攻螺纹、铰孔、镗孔等不同的动作，并输入进给速度、暂停时间、每次切深、螺距等加工参数。对于

型腔加工，加工形式段可定义切深、精切量、切削方向、刀具直径、宽度等不同的加工方式，并输入进给速度、暂停时间、切深等加工参数。

加工形式段的引导编程操作较简单，它与引导编程的输入方法相似，只需要通过对话输入参数即可。

3. 加工图形段

引导循环的加工图形段用来定义加工位置或运动轨迹，其作用类似于固定循环模态有效期间，所编制的孔定位或运动轨迹程序段。例如，对于孔加工，需要定义孔的分布形式，如随机分布孔、圆周分布孔群、直线分布孔群、网格分布孔群等；孔的位置及分布参数，如圆周分布孔的半径、起始角与间隔，直线分布孔的孔距、起点与中心线倾斜角，网格分布孔的起点、间隔等。对于型腔加工，则需要定义型腔的基本形状，如圆槽、矩形槽、腰形槽；型腔的位置与轮廓参数，如起点位置、边长、圆半径、拐角等。

加工图形段的输入方法有三种，一是直接以对话的方式输入参数；二是利用轮廓编程功能编制加工轮廓；三是利用图形编程指令编制加工轮廓。

4. 引导循环选择

选择程序编辑页面的软功能键〖CYCLE〗，CNC 可以进入图 6.2-9 所示的引导循环编程页面。通过 MDI 面板的“选页”键 PAGE↑ 与 PAGE↓，可显示更多的引导循环。

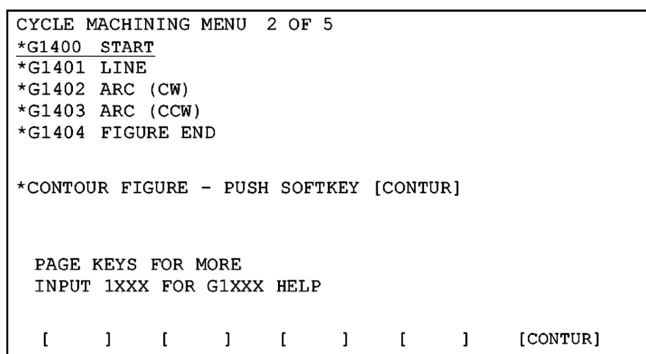


图 6.2-9　引导循环编程页面

在引导循环编程页面上，输入 G 代码数值（如 1100）并利用 INPUT 键进行确认，CNC 即可显示该指令的帮助文件，对指令进行说明。调节光标，可以在不同的提示栏输入循环参数，利用数字键与 INPUT 键可以将所需要的数据输入到相应的显示栏，输入完成后利用功能键〖ACCEPT〗存储；错误的输入可用功能键〖CLEAR〗清除。

6.2.3　FS-0iTD 引导循环

1. 循环指令

FS-0iTD 的引导循环是用于车削加工的复杂固定循环，它包括表 6.2-1 中的孔加工、内外圆与端面车削、槽加工与螺纹加工四大类指令。

2. 孔加工循环

钻孔加工引导循环只有加工形式段，它是在现行的 X、C 位置上进行孔加工。钻孔引导循环的加工形式段共有 5 种，以指令 G1100 ~ G1104 表示，代表不同的孔加工方式。引导循环的孔加工动作和固定循环指令 G80 ~ G89 类似，不同引导循环需要输入的参数如下：

表 6.2-1 FS-0iTD 的引导循环一览表

加工类型	程序段类型	循环代码	用途
孔加工	加工形式段	G1100	普通钻孔
		G1101	深孔加工
		G1102	攻螺纹
		G1103	铰孔
		G1104	镗孔
外圆/端面加工	加工形式段	G1120	外圆粗车
		G1121	内圆粗车
		G1122	端面粗车
		G1123	外圆精车
		G1124	内圆精车
		G1125	端面精车
	加工图形段编程指令	G1400	起点
		G1401	直线
		G1402	顺时针圆弧
		G1403	逆时针圆弧
		G1406	图形结束
槽加工	加工形式段	G1130	外圆粗加工
		G1132	端面粗加工
		G1133	外圆精加工
		G1135	端面精加工
	加工图形段	G1460	矩形槽
		G1461	梯形槽
螺纹加工	加工形式段	G1140	外螺纹
		G1141	内螺纹
	加工图形段	G1450	螺纹的起点与终点定义

1）钻孔循环 G1100。G1100 是用于钻孔加工的通用循环，加工底部可暂停，需要输入的循环参数如下。

F：切削进给速度。

P：孔底部暂停时间（ms）。

B：加工开始点的 Z 坐标值。

L：孔深（正值）。

2）多用途钻孔循环 G1101。G1101 是可用于普通钻孔、深孔加工及高速深孔加工的固定循环，需要输入的循环参数如下。

W：加工形式，输入 1 为普通钻孔，2 为深孔加工，3 为高速深孔加工。

Q：分级进给的每次切削深度。

F、P、B、L：同 G1100。

深孔加工需要设定如下 CNC 参数。

PRM9850：深孔加工、分级进给的进给深度递减值。

PRM9851：高速深孔加工的回退量。

PRM9852：深孔加工时的最小切削深度。

3）攻螺纹循环 G1102。G1102 是一种可用于正转攻螺纹、反转攻螺纹和刚性攻螺纹的多用途攻螺纹固定循环，需要输入的循环参数如下。

W：加工形式，输入 1/2 为正/反转攻螺纹，3/4 为正/反转刚性攻螺纹。

F：螺距。

Q：一次切削深度；

P、B、L：同 G1100。

4）铰孔循环 G1103。G1103 是一种用于铰孔加工的固定循环，需要输入的循环参数如下。

Q：切削进给导向段的长度。

F、P、B、L：同 G1100。

5）镗孔循环 G1104。G1104 是一种用于镗孔加工的固定循环，需要输入的循环参数如下。

Q：镗孔回退时的偏移量（正值）。

F、P、B、L：同 G1100。

3. 内/外圆和端面车削循环

内/外圆和端面车削引导循环的加工形式段，以循环指令 G1120 ~ G1125 表示，分别代表内/外圆和端面的粗车与精车，其动作与车削循环 G70 ~ G74 类似。引导循环的加工图形段需要利用图形编程指令编制。

（1）加工形式段

1）内/外圆与端面粗车循环。内/外圆和端面粗车循环的加工形式段 G1120 用于外圆粗车、G1121 用于内圆粗车、G1122 用于端面粗车，其参数一致，需要输入的循环参数如下。

F：切削进给速度。

P：切削方向定义，输入 1 为从端面向卡盘方向，2 为从卡盘向端面方向。

H/K：X/Z 方向的精加工余量（直径）。

Q：第一次切削深度（直径）。

E：回退量，内外圆车削为 *X* 移动量（直径），端面加工为 *Z* 移动量。

W：回退类型，输入 1 为沿最终轮廓回退（标准），2 为切削完成后立即回退（快速）。

I：端面加工量。

J：切削深度递减量，切削深度与第 1 次切削深度 Q 之间的比值。

U：最小切削深度。

V：刀刃角度，如小于 90°，需要进行刀刃补偿。

A：刀背角度，如轮廓为凹形，需要进行刀背补偿。

设定刀背角度可以防止刀具后角的干涉，当设定 CNC 参数 PRM9764.7 = 1 时，可生效 CNC 的刀具后角自动补偿功能。

2）内/外圆和端面精车循环。内/外圆和端面精车循环的加工形式段 G1123 用于外圆精

车、G1124 用于内圆精车、G1125 用于端面精车，其参数一致，需要输入的循环参数如下。

E：回退量，内外圆车削为 *X* 移动量（直径）；端面加工为 *Z* 移动量；

V：刀刃角度，如小于 90°，需要进行刀刃补偿；

A：刀背角度，如轮廓为凹形，自动进行刀背补偿；

F、P：同 G1120。

（2）加工图形段

内外圆与端面车削循环的加工图形段需要利用图形编程指令编制，其编程方法有两种：一是利用图形编程指令 G1400 ~ G1406 编程；二是在图 6. 2-9 所示的引导循环编程页面上，通过功能软键〖CONTUR〗进入轮廓编程页面，然后利用 6. 3 节介绍的轮廓编程功能编程。

加工图形段的图形指令非常简单，只有起点、直线、顺/逆时针圆弧和图形结束 4 条指令，需要输入的循环参数如下：

1）起点定义 G1400。加工图形段的直线或圆弧起点可通过 G1400 指令定义，指令参数中的 *X/Z* 分别为图形起点的 *X/Z* 坐标。

2）直线定义 G1401。加工图形段的直线可通过 G1401 指令定义，指令参数 *X/Z* 为直线终点的 *X/Z* 坐标；F 为切削进给速度。

3）圆弧定义 G1402/G1403。加工图形段的顺时针/逆时针圆弧通过 G1402/G1403 指令定义，指令参数 *X/Z* 为圆弧终点的 *X/Z* 坐标；R 为圆弧半径；F 为切削进给速度。

4）图形结束 G1406。加工图形段的编程完成后，可通过 G1406 指令结束图形编程，该段不需要定义参数。

4. 槽加工循环

槽加工车削循环同样由加工形式段和加工图形段组成。加工形式段用指令 G1130/G1132、G1133/G1135 编程，分别对应外圆、端面的粗车/精车，循环动作与车削循环 G75 类似；加工图形段用 G1460/G1461 编程，分别对应矩形、梯形槽加工。槽加工循环的参数分两部分，一部分由 CNC 参数设定，另一部分需要在循环指令中定义，相关的 CNC 参数如下。

PRM9820：外圆加工空行程，*X* 方向加工开始点离加工表面的距离（直径）。

PRM9821：端面加工空行程，*Z* 方向加工开始点离加工表面的距离。

PRM9822：分级进给完成后的回退量，对外圆、端面加工同时有效，外圆加工为半径。

PRM9823：刀具重叠比，重叠部分占刀具宽度的比例。

1）加工形式段。槽加工循环指令 G1130、G1132 分别用于外圆槽、端面槽粗车的加工形式段编程，两者的参数一致，需要输入的循环参数如下。

F：切削进给速度。

E：切槽刀的宽度。

Q：第 1 次切削深度，外圆加工为直径。

R：槽底部暂停时间（ms）。

H/K：*X/Z* 方向的精加工余量，外圆加工为直径。

W：切削方向，输入 1，由端面向卡盘单向切削；输入 2，由中间向两侧双向切削。

J：切深递减量，本次深度与上次切深的比值。

U：最小切削深度。

槽精车加工循环用来去除粗加工余量，槽加工循环指令 G1133、G1135 分别用于外圆精车、端面精车加工形式段编程，两者的参数一致，它们只需要输入 W、F、E，参数定义同 G1130。

2）矩形槽加工图形段。槽加工循环指令 G1460 用于矩形槽加工的图形段编程，需要输入的循环参数如下。

C：倒角量，外圆加工为半径。

X/Z：槽加工起点的 *X/Z* 坐标；

D：槽深，外圆加工为半径，对于深度变化的槽加工为起始槽深。

U：终点槽深，仅对深度变化的槽有效，外圆加工为半径。

W：槽宽，外圆加工为半径。

M：槽数量，仅用于多槽加工。

Y：槽距，定义多槽加工的槽间隔，沿端面向卡盘分布的槽距为负；沿卡盘向端面分布的槽距为正。

3）梯形槽加工图形段。槽加工循环指令 G1461 用于梯形槽加工的图形段编程，它最多可由 5 个连续直线段组成，连接处可进行圆弧或直线倒角，图形段需要输入的参数如下：

X/Z：槽加工起点的 *X/Z* 坐标。

A/B、E/ F、J/K、P/Q、V/M：分别为第 1、2、3、4、5 直线段 *X/Z* 的终点坐标。

C/D、H/I、L/T、R/S：分别为第 1/2、2/3、3/4、4/5 直线段连接处的圆角半径/倒角量。

M：多槽加工时的槽数量。

Y：定义多槽加工的槽间隔，沿端面向卡盘分布的槽距为负；沿卡盘向端面分布的槽距为正。

5. 螺纹加工循环

螺纹加工车削循环由“加工形式段”与“加工图形段”组成，分别以循环指令 G1140/G1141 与 G1450 表示，循环的动作与车削循环 G76 类似，螺纹切削需要多次加工完成，切削量依次减少，最小切削深度可以通过机床参数 PRM9833 进行设定，其余参数通过循环指令定义。

（1）螺纹加工形式段

螺纹加工形式段 G1140/G1141 分别用于内螺纹与外螺纹加工，输入参数如下：

Q：第 1 次切削深度（直径）；

J：总切削次数（包括精切）；

L：精切次数；

H：精切量；

C/M：*X/Z* 方向空行程（直径）；

A：刀尖角度；

W：切削方式，输入值与切削方式的对应关系如下：

　　1/2/3：切削量恒定的单侧/双侧/直接切削；

　　4/5/6：切深恒定的单侧/双侧/直接切削。

（2）螺纹加工图形段

螺纹加工图形段 G1450 的输入参数如下：

R：螺纹类型，输入值与切削方式的对应关系如下：

1：普通螺纹；

2：公制螺纹；

3：标准（英制）螺纹；

4：PT 螺纹；

5：PF 螺纹。

L：螺纹螺距（对应普通螺纹、公制螺纹、PT 螺纹、PF 螺纹）；

N：标准螺纹每英寸的螺纹数；

H：螺纹高度（半径）；

P：多头螺纹的头数；

X/Z：螺纹加工起点的 *X/Z* 坐标；

A/C/E/I/Q/V：螺纹加工终点 1/2/3/4/5/6 的 *X* 坐标；

B/D/F/J/S/W：螺纹加工终点 1/2/3/4/5/6 的 *Z* 坐标。

终点 2 ~6 仅对普通螺纹的连续螺纹加工有效，对于其他方式，只需定义终点 1 的坐标。多头螺纹加工的偏移量可以用位置偏移或角度偏移的形式指定，具体决定与机床参数 PRM9767bit4 的设定。

6.2.4 FS-0iMD 引导循环

1. 循环指令

FS-0iMD 引导循环是用于孔群或型腔加工的复杂固定循环，分孔群加工、平面加工、型腔加工、槽加工四大类，见表 6.2-2。引导循环由加工形式段和加工图形段组成，每一加工形式段只能编入一个加工图形段。

表 6.2-2 FS-0iMD 的引导循环一览表

加工类型	程序段类型	循环代码	用　　途
孔群加工	加工形式段	G1000	普通钻孔
		G1001	多用途孔加工
		G1002	攻螺纹
		G1003	铰孔
		G1004	镗孔
		G1005	精镗
		G1006	反镗
	加工图形段	G1210	随机分布孔群
		G1211	直线等距分布孔群
		G1212	直线等距分布孔群
		G1213	网格分布孔群
		G1214	矩形分布孔群

（续）

加工类型	程序段类型	循环代码	用　　途
孔群加工	加工图形段	G1215	圆周分布孔群
		G1216	圆弧等距分布孔群
		G1217	圆弧不等距分布孔群
平面加工	加工形式段	G1020	平面粗铣
		G1021	平面精铣
	加工图形段	G1220	矩形平面
		G1221	圆形平面
型腔加工	加工形式段	G1040	粗加工
		G1041	底面精加工
		G1042	侧面精加工
		G1043	倒角加工
		G1045	预钻孔加工
	加工图形段	G1220	矩形型腔
		G1221	圆形型腔
		G1222	腰形型腔
槽加工	加工形式段	G1050	粗加工
		G1051	槽底面精加工
		G1052	槽侧面精加工
		G1053	倒角加工
		G1055	预钻孔加工
	加工图形段	G1223	圆周放射分布槽加工

2. 孔群加工循环

孔群加工循环的加工形式段以循环指令 G1000 ~ G1006 表示，它代表不同的孔加工方式，循环动作与 G80 ~ G89 类似；加工图形段以循环指令 G1210 ~ G1217 表示，用来定义孔群的分布方式。

（1）加工形式段

孔群加工循环的加工形式段 G1000 ~ G1006 的参数要求如下：

1）普通钻孔循环 G1000。G1100 是孔加工通用固定循环，动作与 G81/G82 相似，在底部可进行暂停，输入参数如下：

W：加工形式，“1”为底部不暂停，“2”为底部暂停；

C：参考平面离工件表面的距离；

I：返回平面定义，“1”为返回到起始点，“2”为返回到参考平面；

F：进给速度；

P：孔底部暂停时间（单位 ms）。

2）多用途孔加工循环 G1001。多用途孔加工循环 G1001 可用于普通钻孔、深孔加工、高速深孔加工，循环动作与 G81/G73/G83 相似，参数 C、I、F、P 的定义同 G1100；参数 W

定义，“1”为底部不暂停钻孔，“2”为底部暂停钻孔，“3”为深孔加工，“4”为高速深孔加工；参数 Q 定义一次切削深度。

3）攻螺纹循环 G1002。G1002 是用于正转攻螺纹、反转攻螺纹或刚性攻螺纹的多用途攻螺纹固定循环，循环动作与 G74/G84 相似，参数 C、I、F、P 的定义同 G1100，其余参数要求如下：

W：加工形式，“1”为正转攻螺纹，“2”为反转攻螺纹，“3”为正转刚性攻螺纹，“4”为反转刚性攻螺纹；

L：螺距；

S：主轴转速。

4）铰孔循环 G1003。G1003 是用于铰孔加工的固定循环，循环动作与 G82/G85 相似，参数 C、I、F、P 的定义同 G1100；W 定义加工形式，“1”为 G01 方式退出，“2”为 G00 方式退出，“3”为底部暂停后以 G01 方式退出。

5）镗孔循环 G1004。G1004 是用于镗孔加工的固定循环，循环动作与 G85/G89 相似，参数 C、I、F、P 的定义同 G1100；W 定义加工形式，“1”为 G01 方式退出，“2”为 G00 方式退出，“3”为底部暂停后以 G01 方式退出。

6）精密镗孔循环 G1005。G1005 是带底部让刀动作的精密镗孔加工循环，循环动作与 G76 相似，参数 C、I、F、P 的定义同 G1100；Q 为底部让刀量。

7）反向镗孔循环 G1006。G1006 是带让刀动作的反向镗孔加工循环，循环动作与 G87 相似，参数 C、F、P 的定义同 G1100；Q 为底部让刀量。

（2）加工图形段

孔群加工循环的加工图形段用来定义孔群的分布方式，循环指令格式如下。

1）随机分布孔 G1210。随机分布孔用于无规律分布孔群或单孔加工，所有定位点的坐标都需要在图形段上定义，G1210 一次可定义的孔数最大为 3 个，参数要求如下。

B：工件表面的 Z 坐标值；

L：孔深度（负值）；

H/A/D：孔 1/2/3 的 X 坐标；

V/C/E：孔 1/2/3 的 Y 坐标。

对于单个孔加工，A、C、D、E 可以省略。

2）等距直线分布孔 G1211。G1211 用于直线（倾斜线）、等距分布的孔群加工，具有跳过（忽略）中间孔的功能，参数 B、L、H、V 的定义同 G1210，其余参数要求如下：

A：分布线的倾斜角度；

C：孔数量；

D 或 E（任选其一）：D 为孔间距，E 为起始点到终点距离；

F/I/J/K：跳过（忽略）的孔序号 1/2/3/4，可省略。

3）不等距直线分布孔 G1212。G1212 用于按直线（倾斜线）不等距分布的孔群加工，每一图形段最大可定义 11 个孔，B、L、H、V、A 的定义同 G1211，其余参数要求如下。

C/D/E/F/I/J/K/M/P/Q：依次为 1-2/2-3/…/10-11 的孔间距。

4）网格分布孔 G1213。G1213 用于等距网格交叉点上分布的孔群加工，网格可倾斜，中间孔可跳过（忽略），参数 B、L、H、V 的定义同 G1210，其余输入参数如下：

U：第 1 侧边的长度；

W：第 2 侧边的长度；

I：第 1 侧边的孔数量；

J：第 2 侧边的孔数量；

K：第 1 侧边的倾斜角度；

M：第 2 侧边的倾斜角度；

A/C/D/E：跳过（忽略）的孔序号，可省略。

5）矩形分布孔 G1214。矩形分布与网格分布的区别是：矩形分布的孔只是分布在 4 条侧边上，而网格孔则在所有网格交叉点上均分布，矩形分布同样可倾斜，可跳过（忽略）中间孔，其参数的定义方法同 G1213。

6）圆周分布孔 G1215。G1215 用于 360°均布圆周孔加工，可跳过（忽略）中间孔，参数 B、L 的定义同 G1210，D、E、F、I，其余参数要求如下：

H/V：圆心的 *X*/*Y* 坐标；

R：圆周半径；

A：起始角（第 1 孔的角度）；

C：孔数量；

D/E/F/I：跳过（忽略）的孔序号 1/2/3/4，可省略。

7）等距圆弧分布孔 G1216。等距圆弧分布孔是部分圆周上均布的孔群，B、L 的定义同 G1210，H、V、R、A 的定义同 G1215，其余参数要求如下：

C：间隔角；

D：孔数量；

E/F/I/J：跳过（忽略）的孔序号 1/2/3/4，可省略。

8）不等距圆弧分布孔 G1217。不等距圆弧分布孔是部分圆周上非均布孔群，每一图形段最大可定义 11 个不等距孔，B、L 的定义同 G1210，H、V、R、A 的定义同 G1215，参数 C/D/E/F/I/J/K/M/P/Q 依次为 1-2/2-3/…/10-11 的孔间隔角。

3. 平面铣削加工循环

FS-0iMD 平面铣削加工循环的加工形式段定义粗、精加工方式，循环指令为 G1020、G1021；加工图形段定义平面的形状，循环指令为 G1220、G1221。

（1）加工形式段

平面铣削加工循环的加工形式段指令 G1020、G1021 的输入参数要求如下。

1）平面粗铣加工 G1020。G1020 是用于平面粗铣加工的固定循环，循环动作为连续步进，输入参数的要求如下。

T：粗加工量（*Z* 方向切削深度）；

J：每次切削的深度（*Z* 方向）；

H：精加工余量；

F：径向切削进给速度；

D：刀具直径；

L：径向每次切削量；

C：轴向空行程（*Z* 轴从工件表面到开始进给切削的距离）；

W：加工形式，“1”为单向切削，“2”为双向切削；

M：径向空行程（*XY* 平面从切削表面到开始进给切削的距离）；

B：切削起始点（输入 1、2、3、4 选择切削起点）。

2）平面精铣加工 G1021。G1021 是用于平面精铣加工的固定循环，循环动作为连续步进，参数的定义同 G1020；在引导编程方式下，可通过对话输入参数 F、D、L、C、W、M、B。

（2）加工图形段

平面铣削加工循环的加工图形段用于定义铣削加工的轮廓，输入参数要求如下：

1）矩形 G1220。G1220 用于矩形平面的定义，参数要求如下。

B：工件表面的 *Z* 坐标值；

L：铣削深度（负值），可省略。

H/V：矩形中心的 *X/Y* 坐标；

U/W：矩形在 *X/Y* 向上的长度；

A：矩形与 *X* 轴的夹角；

R：矩形拐角半径，可省略。

2）圆形 G1221。G1221 用于圆形平面的定义，参数要求如下。

B：工件表面的 *Z* 坐标值；

L：铣削深度（负值），可省略。

H/V：圆心的 *X/Y* 坐标；

R：圆半径。

4. 型腔/槽铣削加工循环

FS-0iMD 的型腔铣削加工循环的加工形式段分型腔粗加工（G1040）、底部精铣（G1041）、侧面精铣（G1042）、倒角（G1043）、预钻孔（G1045）5 类；加工图形段分矩形（G1220）、圆形（G1221）和腰形（G1222）3 类。

FS-0iMC 的槽铣削加工循环的加工形式段分槽粗加工（G1050）、槽底部精铣（G1051）、槽侧面精铣（G1052）、倒角（G1053）、预钻孔（G1055）5 类。槽实际上是一种腰形型腔，因此，其加工形式段 G1050 ~ G1055 的循环参数与型腔加工 G1040 ~ 1045 完全相同；加工图形段 G1223 可用于沿圆周放射分布的多槽加工。

（1）型腔/槽铣削加工形式段

型腔/槽铣削加工循环的加工形式段用于定义型腔的铣削加工方式，输入参数要求如下：

1）型腔/槽粗加工 G1040/G1050。G1040/G1050 是用于内腔粗铣加工的固定循环，采用的是连续步进铣削方式，参数要求如下：

T：总切削加工量（*Z* 方向切削深度）；

J：每次切削深度（*Z* 方向）；

H：底部的精加工余量；

K：侧面的精加工余量；

F：径向切削进给速度；

E：轴向切削进给速度；

D：刀具直径；

L：径向每次切削量；

C：轴向空行程（*Z* 轴从工件表面到开始进给切削的距离）；

W：加工形式，“1”为向下切削，“2”为向上切削。

2）型腔/槽底部精铣加工 G1041/G1051。G1041/G1051 是用于型腔/槽底部精铣加工的固定循环，同样采用连续步进铣削方式，输入的参数有 T、K、F、E、D、L、C、W，参数含义同 G1040/G1050。

3）型腔/槽侧面精铣加工 G1042/G1052。G1042/G1052 是用于型腔/槽侧面精铣加工的固定循环，参数 T、F、E、D、C、W 的定义同 G1040/G1050；参数 S 为刀具补偿号；参数 R 为刀具切入与退出时的圆弧半径。

4）型腔/槽倒角加工 G1043/G1053。G1043/G1053 是用于型腔/槽倒角加工的固定循环，参数 F、E、C、W 的定义同 G1040/G1050，其余参数要求如下：

Z：倒角量；

M：刀具切入的圆弧半径；

K：倒角刀具的端部直径；

H：倒角刀具的端部的轴向空行程（*Z* 轴从工件表面到开始进给切削的距离）。

5）型腔/槽预钻孔加工 G1045/G1055。G1044/1055 是用于型腔/槽预钻孔加工的固定循环，参数要求如下：

T：总切削加工量（*Z* 向切削深度）；

F：Z 向切削进给速度；

Q：一次切削进给的深度；

C：轴向空行程（*Z* 轴从工件表面到开始进给切削的距离）；

R：加工形式，“1”为正常钻孔、退出时暂停；“3”为不带暂停的深孔加工。

（2）型腔铣削加工图形段

型腔铣削的形状可以是矩形、圆形和腰形，其中，用于矩形、圆形定义的加工图形段 G1220/G1221 和平面铣削加工的加工图形段 G1220/G1221 完全相同，用于定义腰形型腔铣削加工的加工图形段 G1222 的参数要求如下：

B：工件表面的 *Z* 坐标值；

L：铣削深度（负值）；

H/V：第 1 圆的圆心 *X*/*Y* 坐标；

U：第 1 圆与第 2 圆中心距；

R：圆的半径（第 1 与第 2 圆的半径必须一致）；

A：图形与 *X* 轴的夹角。

（3）槽铣削加工图形段

槽铣削加工的图形为腰形，但其加工图形段 G1223 可用于沿圆周放射分布的多槽加工，其参数要求如下：

U：第 1 圆与第 2 圆中心距；

D：槽宽；

L：槽深；

A：第 1 槽中心线与 *X* 轴的夹角；

E：槽的图形与中心线的夹角；
H/V：多槽加工的分布圆圆心 *X*/*Y* 坐标；
R：多槽加工的分布圆的半径；
B：工件表面的 *Z* 坐标值；
C：多槽的相邻槽间隔角度；
M：槽数。

6.3 FS-0iD 的轮廓编程

6.3.1 轮廓编程的操作

轮廓编程是一种通过图形对话方式编制加工轨迹的编程方法，其性质与蓝图编程功能相似。选择程序编辑页面的软功能键〖CONTUR〗，便可进入轮廓编程的引导编程页面。轮廓编程既可选择软功能键〖EDIT〗，来编辑已有程序；也可选择软功能键〖NEW〗，来创建新的加工程序。轮廓编程需要在 CNC 建立一个临时程序存储区，并占用一个程序号，程序号设定在 CNC 参数 PRM9330 上。

轮廓编程的指令与 G1400 ~ G1406 图形编程指令非常相似，它可通过对话编程输入起点、直线、圆弧与倒角等。

1. 起点的输入

选择了创建新程序软功能键〖NEW〗后，LCD 将自动显示轮廓选择页面，其中第一页为起点编程页面（与 CNC 参数 PRM9341.6 的设定有关），在此页面，可用对话方式输入如下轮廓起点数据。

START POINT X：轮廓起点的 *X* 坐标；
START POINT Y：轮廓起点的 *Y* 坐标；
FEED METHOD：由现在位置到轮廓起点进给方式，可选 G00/G01 或不指定 G 代码；
FEEDRATE：G01 的移动速度。

在该页面，还可通过如下功能键进行相关操作。

〖AUX〗：调用辅助计算页面计算起点坐标；
〖OFFSET〗：生效刀具（刀尖）半径补偿功能；
〖OK〗：存储当前的起点数据；
〖EXIT〗：取消当前的起点数据，退出轮廓编程操作。

2. 轮廓的输入

在轮廓选择页面，除起点外，还可通过如下软功能键及扩展键▷选择如下轮廓图形。

〖LINE〗：直线；
〖ARC⌒↓〗：顺时针圆弧；
〖ARC↑⌒〗：逆时针圆弧；
〖CORNER〗：圆弧倒角；
〖CHAMF〗：直线倒角，等。

〖MODIFY〗：显示图形数据输入页面；

〖RECALC〗：在图形数据进行修改后重新计算轮廓；

〖GRAPH〗：显示图形绘图页面，可以进行图形的放大与缩小等操作；

〖NC CNV〗：将轮廓图形转换为 NC 程序；

〖STOP〗：停止轮廓编程，返回前一页面，不生成任何 NC 程序。

选择图形数据输入页面，可像起点输入一样进行数据输入操作，也通过如下软功能键，选择相应的操作。

〖AUX〗：调用辅助计算页面计算起点坐标；

〖OFFSET〗：生效刀具（刀尖）半径补偿功能；

〖OK〗：存储当前的图形数据；

〖CANCAL〗：取消当前的图形数据，返回到轮廓选择页面。

3. 轮廓的修改、插入与删除

1）轮廓的修改。在轮廓选择页面，将光标定位于要修改的图形段，可通过软功能键〖MODIFY〗显示图形数据输入页面，并进行修改。修改完成后按〖OK〗键存储当前的数据；按〖RECALC〗对修改后的轮廓进行重新计算。

2）轮廓的插入。在轮廓选择页面，将光标定位于要插入图形段的位置，直接输入需要插入的轮廓图形，完成后按〖OK〗键存储当前的数据；按〖RECALC〗对修改后的轮廓进行重新计算。

3）轮廓的删除。在轮廓选择页面，将光标定位于要删除图形段前，按 MDI 上的 DELETE 键，并利用软功能键〖YES〗确认删除；按〖RECALC〗对修改后的轮廓进行重新计算。

4. 刀具补偿的输入

在轮廓起点编程页面，通过功能键〖OFFSET〗可以选择刀具（刀尖）半径补偿设定页面，该页面可通过如下软功能键进行指定操作。

〖NO OUT〗：不使用刀具半径补偿功能；

〖G41〗：刀具半径补偿方式为 G41；

〖G42〗：刀具半径补偿方式为 G42；

〖G40〗：刀具半径取消方式 G40；

〖RETURN〗：返回到上一页面。

当选择了〖G41〗与〖G42〗后，CNC 显示功能键〖OFFSET NO〗，可输入刀具补偿号；完成输入后按〖RETURN〗返回到上一页面，并通过功能键〖OK〗存储起点数据与刀具补偿数据。

5. 图形绘图操作

在轮廓选择页面通过功能键〖GRAPH〗。可以显示图形绘图页面，该页面可通过软功能键和扩展键进行如下操作。

〖LARGE〗：图形放大；

〖SMALL〗：图形缩小；

〖AUTO〗：全屏显示；

〖REAL〗：按照实际比例绘制图形；

〖RETURN〗：返回到轮廓选择页面。

〖→〗：向前移动图形；

〖←〗：向后移动图形；

〖↑〗：向上移动图形；

〖↓〗：向下移动图形；

〖CENTER〗：将图形移动到中心。

6. 轮廓编程的转换

在轮廓选择页面通过功能键〖NC CNV〗，可以显示轮廓图形转换为 NC 程序的页面。按功能键〖YES〗可将轮廓图形转换为 NC 程序；转换后的程序段插入在光标所在程序段之后，轮廓参数不完整的程序段将被自动放弃。如果输入子程序号后再按功能键〖YES〗，轮廓图形将以子程序的形式进行存储，并且在轮廓图形开始输入的位置上自动生成子程序调用指令 M98 P□□□□。按功能键〖NO〗放弃程序转换操作。

轮廓编程的转换与如下 CNC 参数的设定有关。

PRM9341.0（IJR）：设定 0，圆弧插补指令转换为 I、J、K 编程格式；设定 1，转换为半径 R 编程格式。

PRM9341.7（M99）：设定 0，转换后的程序无 M99 指令；设定 1，转换后的程序自动添加 M99 指令。

6.3.2 轮廓参数的定义

在轮廓选择页面，通过选择起点、直线、圆弧、倒角等功能软键，在相应的数据输入页面下可以通过对话方式输入图形参数。

1. 起点

选择轮廓编程的起点，可以定义的参数如下：

1）轮廓起点的 *X* 轴坐标 X；

2）轮廓起点的 *Y* 轴坐标 Y（0iTC 为 *Z* 轴坐标）；

3）由现在位置到起点进给方式（FEED METHOD），可选 G00/G01 或不指定 G 代码；

4）进给速度（FEEDRATE），可输入 G01 的移动速度。

2. 直线

选择轮廓编程的直线，可以定义的参数如下：

1）直线终点的 *X* 轴坐标 X；

2）直线终点的 *Y* 轴坐标 Y（0iTC 为 *Z* 轴坐标）；

3）直线的夹角 A（0iMC 为直线与 +*X* 轴的夹角，0iTC 为直线与 +*Z* 轴的夹角；逆时针为正）；

4）进给速度 F；

5）相交状态，可以通过功能键选择〖NO〗（不相切）或〖LAST〗（与前一图形相切）。

3. 圆弧

选择轮廓编程的顺时针或逆时针圆弧，可以定义的参数如下：

1）圆弧终点的 *X* 坐标 X；

2）圆弧终点的 *Y* 坐标 Y（0iTD 为 *Z* 轴坐标）；

3）半径 R（只能为正值）；

4）圆心坐标 I（圆心的 X 轴坐标指定）；

5）圆心坐标 J（圆心的 Y 轴坐标指定，0iTD 以 K 指定 Z 坐标）；

6）进给速度 F；

7）相交状态，可以通过功能键选择〖NO〗（不相切）或〖LAST〗（与前一图形相切）。

4. 圆弧倒角

选择轮廓编程的圆弧倒角，可以定义的参数如下：

1）半径 R（只能为正值）；

2）进给速度 F。

5. 直线倒角

选择轮廓编程的圆弧倒角，可以定义的参数如下：

1）倒角 C（只能为正值）；

2）进给速度 F。

6.3.3　相邻图形的轮廓计算

常规的 NC 加工程序必须通过计算确定程序段终点，但采用轮廓编程可同时对多个程序段的轨迹进行编程，由 CNC 自动计算各程序段的终点坐标。计算程序段终点需要有一定的条件，在轮廓编程中，将暂时无法确定终点的程序段称为未决程序段。如果程序存在未决程序段，输入下一程序段数据时，CNC 会自动提示操作者输入程序段实际需要更多的参数。

FS-0iD 最大允许存在连续 10 个未决程序段，根据不同的轮廓，未决程序段的处理按以下规则进行。

1. 直线

直线的起点是上一程序段的终点，其计算方法如下：

1）当上一程序段为终点未定的直线段时，如只输入 X，则认为本程序段是一条平行于 Y（FS-0iTD 为 Z）轴的直线；如只输入 Y（FS-0iTD 为 Z），则认为本程序段是一条平行于 X 轴的直线；如输入了终点和夹角 A，则可直接计算上一程序段的终点。

2）当上一程序段为确定的圆弧、且选择了与前一图形相切（软功能键〖LAST〗），如只输入 X 或 Y（FS-0iTD 为 Z），则认为本程序段是一条与圆弧相切的直线，CNC 可自动计算直线夹角 A 和另一轴坐标（Y 或 Z），确定本程序段的终点；如 X、Y（FS-0iTD 为 Z）均未输入，则程序段成为未决程序段。

3）当上一程序段为未决圆弧段、且选择相切（软功能键〖LAST〗）时，如输入了 X、Y（或 Z）坐标和夹角 A，CNC 可自动计算出上一程序段的终点。

4）当上一程序段为圆心（I、J 或 K）和半径 R 已定、终点未定的未决圆弧段，且选择相切（软功能键〖LAST〗）时，如只输入夹角 A，则 CNC 将自动提示操作者在图 6.3-1a 所示的直线 a、b 中选择其一，而本程序段成为终点未定的未决程序段；如只输入终点坐标，则 CNC 将自动提示操作者在图 6.3-1b 的直线 a、b 中选择其一，选定后本程序段的轨迹确定；如只输入夹角 A 及 X、Y（或 Z）中的一个，CNC 将自动提示操作者在图 6.3-1c 所示的直线 a、b 中选择其一，选定后本程序段的轨迹确定。

2. 圆弧

圆弧的起点、终点坐标计算方法如下：

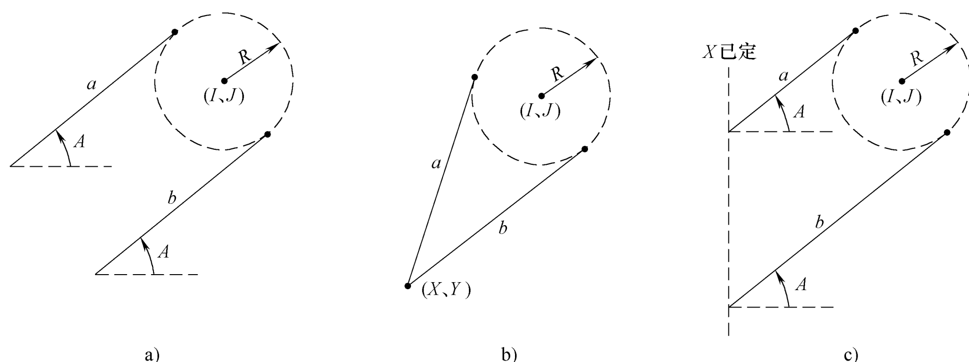


图 6. 3-1 切线的确定
a）只有夹角 A b）终点确定 c）有夹角和 X 坐标

1）当上一程序段为确定程序段时，如输入终点和圆心，程序段的轨迹将确定；如只输入圆心 I、J（或 K），本程序段为终点未定的未决程序段；如输入终点 X、Y 和半径 R，CNC 将自动提示操作者在图 6. 3-2 所示的圆弧 *a*（长弧，Long path arc）或 *b*（短弧，Short path arc）中选择其一，选定后，本程序段的轨迹确定。当程序段选择相切（〖LAST〗时，如终点 X、Y（或 Z）确定，CNC 可自动计算半径，确定本程序段的轨迹；如只输入半径 R 和终点 X、Y（或 Z）中的一个，CNC 将自动提示操作者在图 6. 3-3 所示的圆弧 *a*（长弧，Long path arc）、*b*（短弧，Short path arc）中选择其一，选定后，本程序段的轨迹确定。

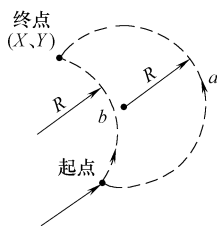


图 6. 3-2 终点和半径确定

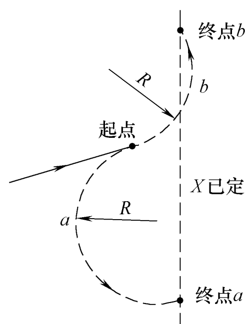


图 6. 3-3 相切圆弧

2）当上一程序段为夹角确定、终点未定的未决直线插补段，且未选择相切（〖LAST〗时，如只输入圆心和半径，CNC 将自动显示图 6. 3-4a 所示的交点选择页面，以选择直线段终点坐标，确定圆弧插补段起点，但本程序段为终点未定的未决圆弧段。如输入圆心和终点，CNC 将自动显示图 6. 3-4b 所示的交点选择页面，选定后，直线段、圆弧段均被确定。

3）当上一程序段为起点、夹角确定但终点未定的未决直线段，圆弧输入时选择相切（〖LAST〗时，如只输入圆心 I、J（或 K）和半径 R，CNC 可自动计算图 6. 3-5a 的切点，但本程序段成为终点未定的未决段；如同时输入了圆心 I、J（或 K）和终点 X、Y（或 Z），CNC 可自动计算图 6. 3-5b 所示的切点，直线段、圆弧段均被确定；如输入终点 X、Y（或 Z）和半径 R，CNC 可自动提示操作者在图 6. 3-5c 所示的圆弧 *a*（长弧，Long path arc）、*b*（短弧，Short path arc）中选择其一，选定后，直线段、圆弧段均被确定。

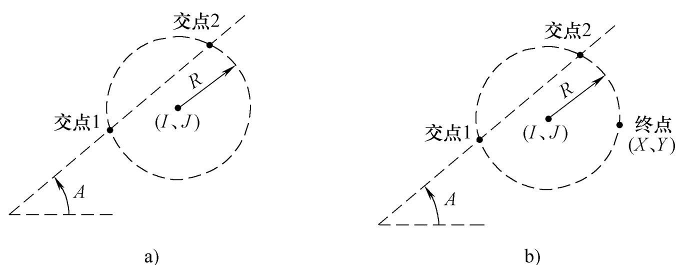


图 6.3-4　交点的计算
a）圆心和半径确定　b）终点和圆心确定

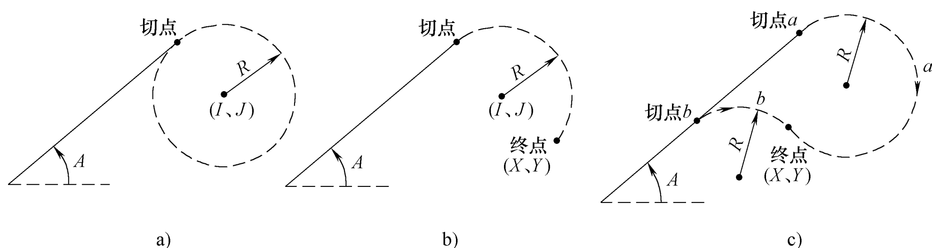


图 6.3-5　切点的计算
a）输入圆心和半径　b）输入圆心和终点　c）输入终点和半径

4）当上一程序段为起点和半径（R_1）确定、终点未定的未决圆弧段，且本段圆弧输入选择了相切〖LAST〗，如输入终点 X、Y（或 Z）和半径 R_2，CNC 可自动提示操作者在图 6.3-6 所示的圆弧 a（长弧，Long path arc）、b（短弧，Short path arc）中选择其一，选定后，两个圆弧段的轨迹将确定。

5）当下一程序段为半径 R_2 确定、起点未定的未决圆弧段，且在本段圆弧输入时选择了相切〖LAST〗，如指定了本段圆弧的起点 X、Y（或 Z）和半径 R_1，CNC 可自动提示操作者在图 6.3-7 所示的圆弧 a（长弧，Long path arc）、b（短弧，Short path arc）中选择其一，选定后，本程序段的轨迹确定。

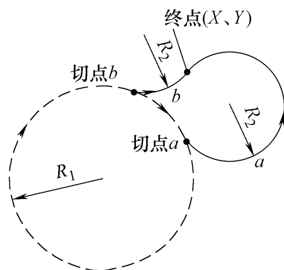


图 6.3-6　上一段为未决圆弧

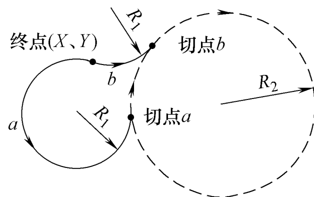


图 6.3-7　下一段为未决圆弧

6.3.4　相邻三图形的轮廓计算

1. 两圆弧切线

当输入连续 3 个轮廓程序段，且第 1、第 3 段为圆弧，中间程序段为两圆弧切线时，如

第 1 圆弧段为起点和圆心确定的圆弧，第 3 圆弧段为圆心和半径确定的圆弧，第 2 直线段只选择相切〖LAST〗时，CNC 将自动在图 6.3-8 所示的 4 条切线中选择最顺畅的切线为第 2 直线段，第 1 圆弧段的终点、直线 2 的起点和终点将确定，但第 3 圆弧段成为终点未定的未决圆弧段。例如，当图 6.3-8 中的第 1 圆弧段起点为（X，Y），如第 1、第 3 圆弧段均为顺时针插补时，CNC 自动选择最顺畅的切线 a 作为第 2 直线段，切点 e_1 为第 1 圆弧段终点、e_2 为直线段终点；若第 1 圆弧段为逆时针、第 3 圆弧段为顺时针，则自动选择最顺畅的切线 b 作为第 2 直线段；切点 e_1' 为第 1 圆弧段终点、e_2'为直线段终点。

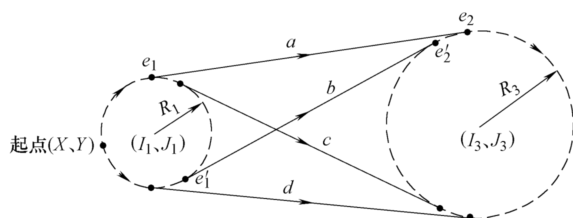


图 6.3-8 两圆弧切线

2. 交线相切圆弧

当连续 3 个轮廓程序段的第 1、第 3 段为相交的直线或圆弧，第 2 程序段选择相切〖LAST〗圆弧时，如第 1 段为起点和夹角 A 确定的直线段、第 3 段为夹角 A 和终点坐标 X、Y 之一确定的直线段时，第 2 圆弧为图 6.3-9a 所示的确定段；如第 1 段为起点和夹角 A 确定的直线段、第 3 段为圆心和半径确定的圆弧段时，第 2 圆弧为图 6.3-9b 的确定段，但第 3 段圆弧的终点不能确定。

当第 1、第 3 段均为圆弧时，CNC 可自动显示图 6.3-9c 所示的全部可能的圆弧轨迹，供操作者选择，选定后，第 2 圆弧段随即确定，第 3 程序段成为终点不定的未决程序段。

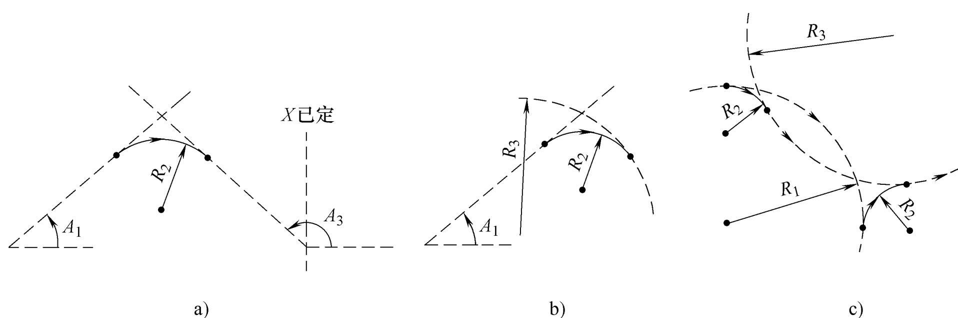


图 6.3-9 交线相切圆弧

a）两直线相切 b）直线和圆弧相切 c）两圆弧相切

3. 不相交线相切圆弧

当连续 3 个轮廓程序段的第 1、第 3 段为不相交的直线或圆弧时，第 2 程序段选择相切〖LAST〗圆弧时，如第 1 段为起点和夹角 A 确定的直线或圆心和半径确定的圆弧，第 3 段为圆心和半径确定的圆弧时，CNC 自动在图 6.3-10 所示的 4 条圆弧中选择最顺畅的圆弧，作为第 2 圆弧段，通过圆弧 a（长弧，Long path arc）、b（短弧，Short path arc）的选择，第 2 圆弧段的起点 e_1 和终点 e_2 均确定，但第 3 圆弧段成为终点未定的未决圆弧段。

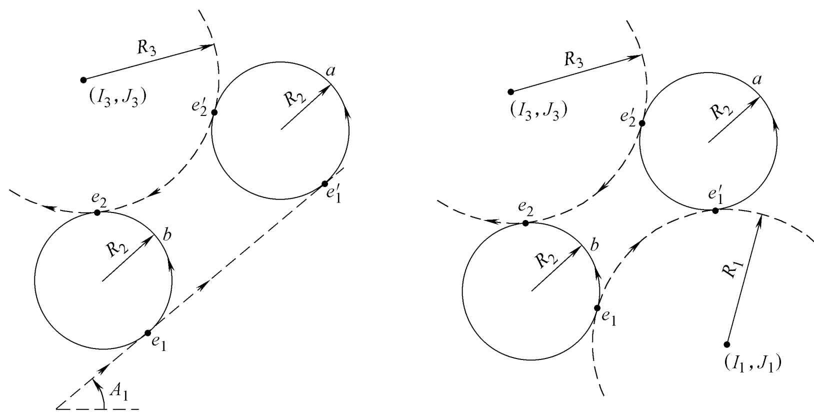


图 6.3-10　不相交线的相切圆弧

6.4　轮廓编程的辅助计算

6.4.1　辅助计算与操作

轮廓编程的辅助计算包括直接计算和图形辅助计算两方面内容，其功能如下。

1. 直接计算

在轮廓编程页面，可直接输入运算式，由 CNC 完成数值计算，其操作见表 6.4-1。

表 6.4-1　输入数据的直接计算操作表

运算	运算键	操 作 示 例	计算结果
+(加)	+	10 + 10→[INPUT]	20
-(减)	-	20 - 10→[INPUT]	10
×(乘)	*	20 * 10→[INPUT]	200
÷(除)	/	20/10→[INPUT]	2
Sin(正弦)	S	S30→[INPUT]	0.5
Cos(余弦)	C	C60→[INPUT]	0.5
Tan(正切)	T	T45→[INPUT]	1
SQRT(平方根)	R	R400→[INPUT]	20

直接计算时需要注意，每次输入只能进行一次四则运算，后输入的运算将被忽略，例如，输入 1 +2 +3，只进行 1 +2 的运算、结果为 3；输入 C60 + S30，只进行 C60（cos 60°）运算，结果为 0.5。

2. 图形辅助计算

在轮廓起点或直线、圆弧的输入页面，选择软功能键〖AUX〗，可以调用图 6.4-1 所示的辅助计算页面（图为起点计算页面），由 CNC 自动计算起点坐标、直线的终点和倾斜角度、圆弧的终点和圆心等。

在辅助计算页面上，可通过光标选择图标后输入要求的数据，然后用〖OK〗键确认，

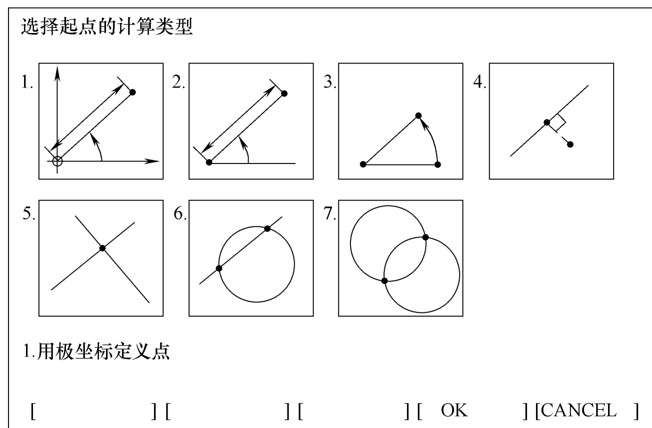


图 6.4-1 起点辅助计算页面

CNC 便可自动计算出要求的数据；按〖CANCEL〗键可取消所选择的操作。

利用图形辅助计算功能，可以计算的坐标点包括：用极坐标指定的点，用基准点、距离和角度给定的点，点的回转，直线相邻点，两直线交点，直线和圆弧交点，两圆弧交点等。可以计算的角度包括：直线与 *X* 轴的夹角，与指定直线垂直的直线角度。可以计算的圆弧包括：圆心和点确定的圆弧，半径和两点确定的圆弧，三点决定的圆弧。

6.4.2 点的计算

坐标点的辅助计算需要输入部分数据，输入要求与点的定义有关，具体如下。

1. 直接定义

点可用极坐标，基准点、距离和角度，点回转和直线相邻点四种方式定义，其输入数据的要求如下：

1）极坐标：在图 6.4-1 中选择点计算 1，需要输入的数据为极距 D、角度 A。

2）基准点、距离与角度：在图 6.4-1 中选择点计算 2，需要输入的数据为点到基准点的距离 D、角度 A、基准点的坐标 X/Y。

3）点回转：在图 6.4-1 中选择点计算 3，需要输入的数据为基准点的坐标 X/Y、回转中心的坐标 I/J、回转角度 A。

4）直线相邻点：在图 6.4-1 中选择点计算 4，计算的是指定直线上与基准点距离最近的点（垂足），直线应通过点和角度确定，需要输入的数据为基准点的 X/Y 坐标、直线上某一点的坐标 U/V、直线与 X 轴的夹角 A、直线的偏移距离 D 和偏移方向 DIRC（仅直线需要偏移时输入）。

2. 交点

（1）两直线的交点

在图 6.4-1 中选择点计算 5，可选择两直线的交点。交点计算需要指定两条直线，直线应通过点和角度或 2 点确定，两直线分别在直线定义页面的第 1 行与第 2 行输入。

1）通过点和角度定义直线：可按〖XY，A〗功能键进行直线的点和角度定义，输入数据为直线上某一点的坐标 X/Y、直线与 X 轴的夹角 A、直线的偏移距离 D 和偏移方向 DIRC

（仅直线需要偏移时输入）；输入完成后按〖NEXT〗键，可进行第 2 直线的定义，按〖PREV.〗可返回到第 1 页面。

2）两点定义直线：可按〖XY，XY〗功能键，进行直线的两点定义，输入数据为第 1 点的 X/Y 坐标、第 2 点的 U/V、直线的偏移距离 D 和偏移方向 DIRC（仅直线需要偏移时输入）；输入完成后按〖NEXT〗键，可进行第 2 直线的定义，按〖PREV.〗可返回到第 1 页面。

（2）直线与圆弧交点

在图 6.4-1 中选择点计算 6，可定义直线与圆弧的交点。直线可通过点和角度或 2 点的方式定义，圆弧通过圆心和半径定义。直线的数据输入方法同上，完成直线输入后，按〖NEXT〗键，可进行圆弧的定义，其输入数据为圆心 I/J、半径 R，选定后通过〖→〗或〖←〗选择其中的一个交点。

（3）圆弧交点

在图 6.4-1 中选择点计算 7，可定义两圆弧的交点。圆弧可以通过圆心与半径选择，输入数据为第 1 圆弧的圆心 X1/Y1、半径 R1，第 2 圆弧的圆心 X2/Y2、半径 R2，选定后通过〖→〗或〖←〗键选择其中的一个交点。

数据输入后，利用〖OK〗键确认便可完成计算，按〖CANCEL〗键可取消所选择的辅助计算操作、回到辅助计算页面。

6.4.3　直线和圆弧的计算

1. 直线夹角

辅助计算功能可计算直线的终点和夹角。在轮廓输入页面，选择功能键〖LINE〗输入直线时，按功能键〖AUX〗可进入图 6.4-2 所示的直线计算页面，计算终点和角度。

在直线计算页面上，选择软功能键〖ENDPT〗可进行终点的计算、〖ANGLE〗键可进行角度的计算。在数据输入后，按〖OK〗键，便可自动计算数据；按〖CANCEL〗键可取消所选的操作，返回辅助计算页面。

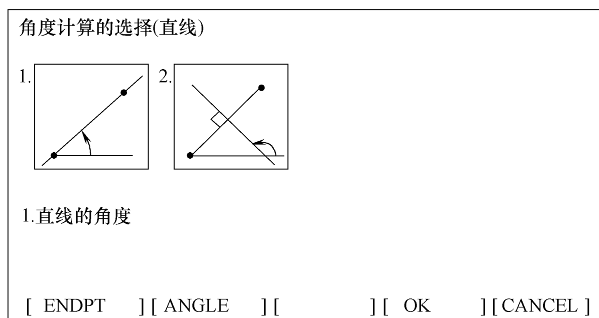


图 6.4-2　直线的辅助计算

直线终点的定义方法、输入内容、操作步骤和点计算相同，角度的计算方法如下。

（1）两点确定的直线

在图 6.4-2 所示的直线计算页面上，选择〖ANGLE〗后，用光标选定图标 1，可输入如下数据。

X/Y：第 1 点的 *X/Y* 坐标；

U/V：第 2 点的 *X/Y* 坐标。

输入完成后按〖OK〗键，便可计算出直线与 *X* 轴的夹角。

（2）垂直线的角度

在图 6.4-2 所示的直线计算页面上，用光标选定图标 2，并输入基准直线上的两点坐标后按〖OK〗键，便可计算出与基准直线垂直的直线夹角。

2. 圆弧的计算

辅助计算功能可计算圆弧终点和圆心。在轮廓输入页面，选择〖ARC(顺时针弧)〗（顺时针）或〖ARC(逆时针弧)〗（逆时针）后，按〖AUX〗键可显示图 6.4-3 所示的圆弧计算页面。

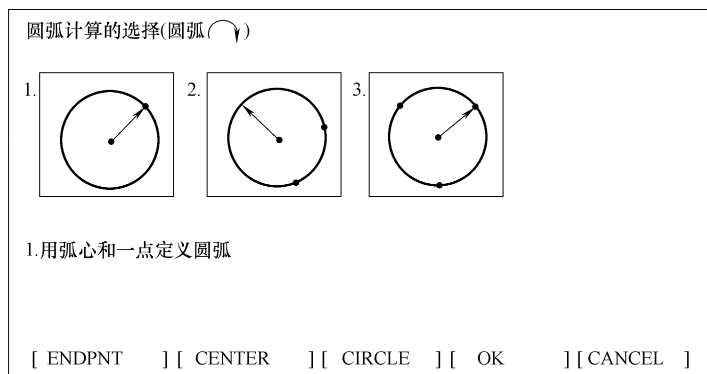


图 6.4-3 圆弧的辅助计算

该页面的功能键〖CIRCLE〗用于圆弧定义，〖ENDPNT〗、〖CENTER〗分别用于终点、圆心的计算。圆弧终点和圆心的计算方法、输入内容和操作步骤与点计算相同，圆弧可通过如下三种方式定义。

（1）圆心和点定义

在图 6.4-3 所示的圆弧计算页面上，用光标选定图标 1 后，输入如下数据。

X/Y：圆弧上任意一点的 *X/Y* 坐标；

I/J：圆心的 *X/Y* 坐标。

（2）两点和半径定义

在图 6.4-3 所示的圆弧计算页面上，用光标选定图标 2 后，输入如下数据。

X/Y：圆弧上第一点的 *X/Y* 坐标；

U/V：圆弧上第二点的 *X/Y* 坐标；

R：圆弧半径 *R*（正值）。

通过两点、半径相同的圆弧有两条，故数据输入完成后需要用〖→〗或〖←〗键选择其中之一。

（3）三点定义

在图 6.4-3 所示的圆弧计算页面上，用光标选定图标 3 后，输入如下数据。

X/Y：圆弧上第一点的 *X/Y* 坐标；

U/V：圆弧上第二点的 *X/Y* 坐标；

P/Q：圆弧上第三点的 *X/Y* 坐标。

在输入数据后，按〖OK〗键可计算对应的数据，按〖CANCEL〗键便可取消所选择的操作，返回计算页面。

第7章 CNC基本操作

7.1 操作与显示面板

7.1.1 CNC 操作方式

数控机床一般有手动、程序编辑和自动运行三类操作方式，操作方式可通过机床面板上的按钮、按键选择，通过 CNC 的控制实现，不同操作方式的作用简述如下。

1. 手动操作

手动操作是利用操作面板上的按钮控制机床动作的操作，它又可分为手动连续进给、手动增量进给、手轮进给以及手动回参考点四种。

1）手动连续进给（JOG）：这是通过操作面板的坐标轴选择和运动方向键，手动控制坐标轴运动的一种方法，按下指定轴的方向键，坐标轴便以规定的速度运动，其运动速度可以通过面板进行调节和控制，但不能准确控制移动距离。

2）手动增量进给（INC）：增量进给是通过操作面板的坐标轴选择和运动方向键，手动控制指定轴、在指定方向上、移动指定距离的运动方式，它不但可以通过面板进行调节运动速度，而且能够准确控制移动的距离。

3）手轮进给（HANDLE）：这是一种通过坐标轴选择和手轮进给手摇脉冲发生器（手轮），控制坐标轴运动的方式，其运动方向、速度和移动距离直接通过手轮进行控制，能够准确控制移动的距离。

4）手动回参考点（REF）：参考点是机床上的特定定位点，它是用来建立机床坐标系的基准位置，手动回参考点操作可使得指定的坐标轴以规定的方向、速度，向参考点运动，并自动完成精确定位。回参考点结束后，机床坐标系随之建立。

2. 程序编辑

程序编辑是输入、修改 CNC 加工程序的操作，它可以分为编辑、示教两种。

1）编辑（EDIT）：EDIT 编辑是直接利用 CNC 的操作/显示面板（MDI/LCD 单元），输入、修改 CNC 存储器上加工程序的操作，编辑完成的加工程序保存在 CNC 存储器中，可在存储器自动运行（MEM）方式下运行。

2）示教（TEACH）：示教编辑和 EDIT 编辑的区别是：示教编辑时，程序段中的坐标轴终点位置，可通过 JOG、INC 或 HANDLE 方式的手动坐标轴移动确定，当前位置可作为编程的坐标值直接存储到程序段中。因此，这是一种利用手动操作演示，生成加工程序的编辑方

式，故称为示教。示教编辑的其他指令，需要用 EDIT 编辑同样的方法输入。

3. 自动运行

自动运行是数控机床自动、连续执行加工程序的操作，它又可分为为存储器运行、MDI 运行、DNC 运行三种。

1）存储器运行（MEM）：存储器运行是利用 CNC 存储器上的加工程序，控制机床自动运行的操作。存储器运行的程序需要事先编制，并输入到 CNC 的存储器中。

2）MDI 运行（MDI）：MDI 运行是利用 CNC 操作面板，临时输入一段或若干段程序，控制机床自动运行的操作。MDI 运行的程序原则上在运行结束后自动清除。在 MDI 方式下，还可以进行 CNC、PMC 的参数设定、编辑等操作。

3）DNC 运行（RMT）：DNC 运行和存储器运行的区别是：DNC 方式自动运行的加工程序直接来自外部设备，程序不存储在 CNC 存储器上，因此，可以用于程序冗长、容量很大的 CAD/CAM 加工。

4. 自动运行控制

程序自动运行时，除了可通过操作面板上的按键控制启动/停止、调节进给速度、主轴转速外，还可通过单段运行、机床锁住、程序试运行、手轮中断、重新启动、跳过程序段、选择停止等方式控制运行过程，程序控制功能可以由机床生产厂家选择，在不同机床上可以使用的功能有所不同。

1）单段运行：单段运行可通过操作面板的“单段（SINGLE BLOCK）”按键选择。单段运行的每一加工程序段都需要用循环启动键启动后才能执行，执行完成后自动停止，这是一种逐段验证动作的执行方式，多用于程序调试。

2）机床锁住：机床锁住可通过操作面板的“机床锁住（MC LOCK）”按键选择。机床锁住时，机床不产生实际运动，但 CNC 的程序、位置显示正常变化，以此可以检查机床的运动轨迹。除机床锁住功能外，部分机床还可以使用辅助功能锁住的控制方式，辅助功能锁住时，机床的坐标轴运动正常进行，但主轴、换刀、冷却等所有辅助动作被禁止。

3）程序试运行：程序试运行可通过操作面板的“试运行（DRY RUN）”按键选择。试运行可以正常执行加工程序，但程序中的进给速度（F 代码）指令将无效，坐标轴的进给速度可以直接利用手动进给速度调节开关进行控制，故可用于程序的检查。

4）手轮中断：手轮中断功能需要机床生产厂家选择。手轮中断生效时，可以在自动运行的同时插入手轮操作，进行程序轨迹的人为偏移，并改变进给速度、运动轨迹等，有关内容详见第 8 章 8.1 节。

5）重新启动：重新启动可通过操作面板的“重新启动（RESTART）”按键选择。功能用于加工程序的中间位置启动，多用于加工过程出现刀具断裂等场合，它可在更换刀具后，跳过已经加工完成的程序段，从中断点继续运行程序，并保证动作的准确，有关内容详见第 8 章 8.3 节。

6）跳过程序段：跳过程序段可通过操作面板的“跳段（BLOCK SKIP）”按键选择。功能生效时，前缀有“/”标记的加工程序段将被忽略，其他程序段正常执行。如果跳过程序段功能无效，前缀有“/”标记的加工程序段正常执行。

7）选择停止：选择停止可通过操作面板的“选择停止（OPT STOP）”按键选择。功能生效时，执行加工程序中的 M01 指令将产生程序暂停，程序暂停后，需要用循环启动键启

动后才能执行后面的程序段。如果选择停止功能无效，加工程序中的 M01 指令将被忽略。

7.1.2　机床操作面板

1. 面板布置

为了选择操作方式、控制机床运行，数控机床需要配置操作面板。在配套 FS-0iD 的数控机床上，机床基本操作面板通常有图 7.1-1a 所示的卧式和图 7.1-1b 所示的立式两种布置形式。根据用户需要，FS-0iD 也可选配图 7.1-1c 所示的 10.4in 彩色 LCD，这种结构的 MDI 单元为分离式结构，LCD 带有 12 个软功能键，可进行双通道同时显示，故多用于双主轴、双刀架数控车床等功能较强的 CNC 机床。

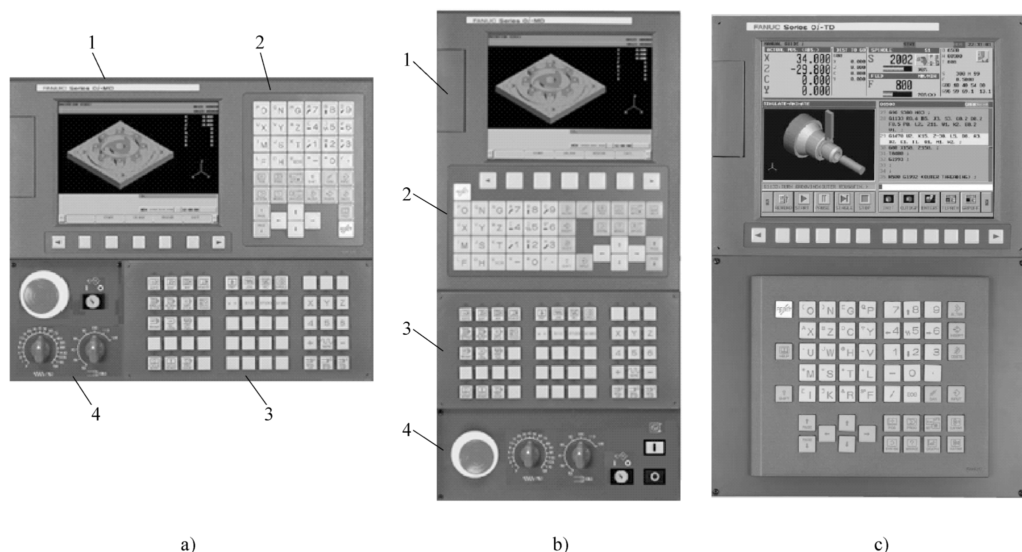


图 7.1-1　机床操作面板的组成

a）8.4in 卧式　b）8.4in 立式　c）10.4in LCD/MDI

1—LCD 单元　2—MDI 单元　3—机床操作面板　4—附加机床操作面板

机床操作面板一般由 CNC 的显示单元（LCD）、数据输入单元（MDI）和机床操作面板及附加机床操作面板（子面板）等部分组成。

1）MDI/LCD/CNC 单元。MDI/LCD 单元用于 CNC 的数据输入和显示，它是 CNC 的基本组成部分。MDI/LCD 单元一般由 CNC 生产厂家提供，且多与 CNC 单元集成一体，故称为 MDI/LCD/CNC 集成单元。

FS-0iD 标准的 LCD 为 8.4in 彩色液晶显示，MDI/LCD/CNC 集成单元有卧式和立式两种基本布置形式，两者只是外形上的区别，其功能、连接、操作均相同。

2）机床操作面板。机床操作面板用于机床的操作和控制，它可从 CNC 生产厂家购买标准产品，也可由机床生产厂家自己设计、制作。但是，从简化连接、提高可靠性方面考虑，宜选配集成有 I/O-Link 总线接口的 FANUC 标准机床面板及附加子操作面板。

在 FS-0iD 上，由于 CNC 内置 PMC 的 DI/DO 信号采用的是 I/O-Link 总线连接，因此，当机床生产厂家自己设计、制作操作面板时，需要选配 I/O 单元（I/O-Link 从站），按钮、

指示灯等 DI/DO 信号需要单独连接。而 FANUC 公司提供的标准机床操作面板则集成有 I/O-Link 总线接口，它可直接通过 I/O-Link 总线与 MDI/LCD/CNC 集成单元连接，面板还带有附加机床操作面板接口，其使用简单。

2. 标准机床操作面板

FANUC 标准机床操作面板（主面板）如图 7.1-2 所示。面板带有 55/55 个 PMC 地址可自由设定的按键/LED 指示灯，其中的 21/21 个按键/LED 指示灯的用途可由机床生产厂家自行定义。操作面板带有 FANUC 手持式操作盒和手轮连接接口。

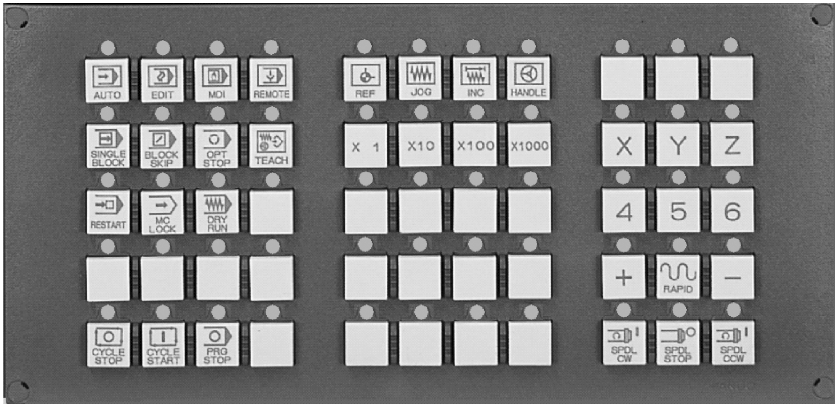


图 7.1-2　FANUC 机床操作面板

FANUC 对机床操作面板上的按键/LED 指示灯功能定义见表 7.1-1。为了便于文档编辑，并区分 MDI 按键、软功能键，本书下述的内容中将统一用符号“『 』”代表机床操作面板按键。

表 7.1-1　机床操作面板功能表

类别	按键/指示灯	功　能	备　注
CNC 操作方式选择	『AUTO』	存储器自动运行	MEM 方式
	『EDIT』	加工程序编辑	
	『MDI』	MDI 运行	
	『REMOTE』	DNC 自动运行	RMT 方式
	『REF』	手动回参考点	
	『JOG』	手动连续运动	
	『INC』	手动增量进给	
	『HANDLE』	手轮进给	
	『TEACH』	示教式编程	TJOG/THND
程序运行控制	『SINGLE BLOCK』	单段运行	
	『BLOCK SKIP』	跳过可选择程序段	
	『OPT STOP』	程序选择停止	
	『RESTART』	重新启动	见第 8 章 8.2 节
	『MC LOCK』	机床锁住	
	『DRY RUN』	程序试运行	

（续）

类别	按键/指示灯	功　　能	备　　注
程序运行控制	『CYCLE STOP』	自动运行循环停止	
	『CYCLE START』	自动运行循环启动	
	『PRG STOP』	程序暂停	
增量进给或手轮移动量选择	×1	最小移动单位	
	×10	10 倍最小移动单位	
	×100	100 倍最小移动单位	
	×1000	1000 倍最小移动单位	
手动操作	『X』~『6』	手动进给轴选择	JOG/INC/HND 方式
	『+』、『-』	手动进给方向键	JOG/INC 方式
	『RAPID』	手动快速进给	JOG
	『SPDL CW』	手动主轴反转	JOG/INC/HND
	『SPDL STOP』	手动主轴停止	JOG/INC/HND
	『SPDL CCW』	手动主轴正转	JOG/INC/HND

3. 附加机床操作面板

FANUC 附加机床操作面板又称子面板，其外形如图 7.1-3 所示，它可以直接与机床操作面板连接。

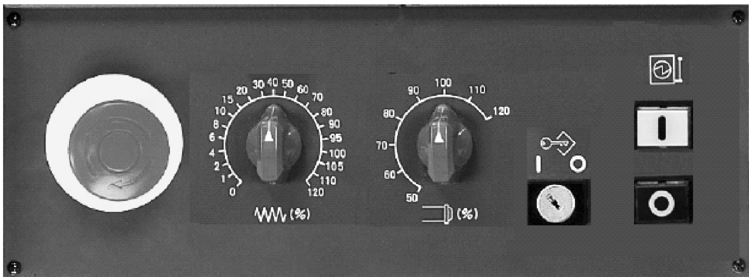


图 7.1-3　附加机床操作面板

附加机床面板安装有急停按钮、进给倍率调节旋钮、主轴倍率调节旋钮、存储器保护旋钮以及 CNC 启动/停止按钮。其中，进给倍率调节旋钮、主轴倍率调节旋钮、存储器保护旋钮可以直接连接到主面板，信号的 PMC 输入地址统一在主面板上定义；急停按钮、CNC 启动/停止按钮的作用和连接可由机床生产厂家进行定义，它们通过统一的连接电缆引入到电气控制柜。

4. 悬挂式手轮操作单元

在大型机床上，为了便于操作和调试，可以使用悬挂式手轮操作单元。FS-0iD 的手轮操作单元可由机床生产厂家制作，也可直接选配 FANUC 提供的标准手轮操作单元。

FS-0iD 的简易悬挂式手轮操作单元如图 7.1-4 所示，该单元上装有手轮轴选择开关、手轮每格移动量选择开关与手轮。单元可直接与上述的 FANUC 标准机床操作面板（主面板）连接，其轴选择开关、手轮每格移动量选择开关、手轮脉冲信号可通过 I/O-Link 接口与总线传送信号。

7.1.3 MDI/LCD 单元

MDI/LCD 单元为 CNC 的基本组件，它用于 CNC 的手动数据输入和显示。FS-0iD 的 MDI/LCD 单元的基本功能如下。

1. MDI 单元

MDI 单元主要用于 CNC 数据输入和 LCD 基本显示内容的选择，8.4in 卧式 MDI 单元的操作按键如图 7.1-5 所示。8.4in 立式布置及配套 10.4in LCD 的 FS-0iD，其 MDI 单元只是按键布置的位置有所不同；FS-0iTD 和 FS-0iMD 的 MDI 单元除部分地址键稍有区别外，其余无区别。

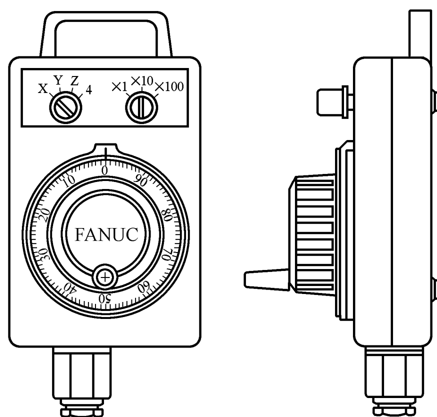


图 7.1-4 FANUC 简易手轮操作单元

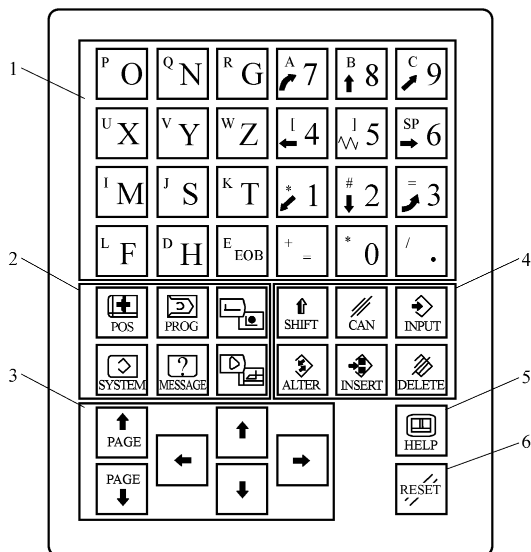


图 7.1-5 MDI 的按键布置

1—地址/数字键 2—功能键 3—页面/光标调整键 4—编辑键 5—帮助键 6—复位键

MDI 单元的按键分为地址/数字键、功能键、页面/光标调整键、编辑键、帮助键、复位键等。为了便于文档编辑，本书后述的内容中将以统一用符号“【 】”代表 MDI 单元上的按键。MDI 按键的基本作用如下：

1）地址/数字键。用于地址（字母、字符）与数字（包括小数点、符号）的输入。每一按键可用于两个字符的输入，上/下挡可通过编辑键【SHIFT】切换。

2）功能键。功能键用于 LCD 显示内容的选择和切换。按下功能键，LCD 可以显示该功能所对应的基本显示页，在此基础上，操作者可进一步通过 LCD 的软功能键，选择更多的显示内容。

3）页面/光标调整键。分别用于显示页面的上/下翻页和光标位置的调整。

4）编辑键。用于 CNC 数据的输入、修改等编辑操作，按键的基本作用如下：

【SHIFT】：换挡键，用于地址/数字键的上/下挡切换，以选择不同的输入内容。

【CAN】：取消键，可取消最后一个字符输入。

【INPUT】：将输入的数据写入到 CNC 存储器。

【ALTER】：替换键，程序编辑时，可将光标指示位置的字符用输入的字符替换。

【INSERT】：插入键，程序编辑时，可将输入的字符插入到光标指示的位置。

【DELETE】：删除键，程序编辑时，可删除光标指示位置的字符。

5）帮助键。可以显示 CNC 的帮助文件和显示 CNC 报警的详情。

6）复位键。可清除操作、编程报警，对 CNC 进行复位。

2. LCD 基本显示

在正常情况下，当 FS-0iD 的 MDI/LCD/CNC 单元电源接通后，LCD 即可以显示如图 7.1-6 所示的基本显示页面。如按 MDI 单元上的功能键，便可切换 LCD 的显示内容。

LCD 的上部为基本信息显示，它可以显示 MDI 功能键所选择的内容，例如，选择功能键【POS】时，为位置与加工零件数、运行时间、实际进给速度等状态数据；选择功能键【PROG】时，为加工程序显示等。LCD 的下部 4 行为操作状态显示，从上至下依次为输入缓冲区内容、操作出错信息、CNC 状态、软功能键功能提示显示，显示如图 7.1-7 所示。

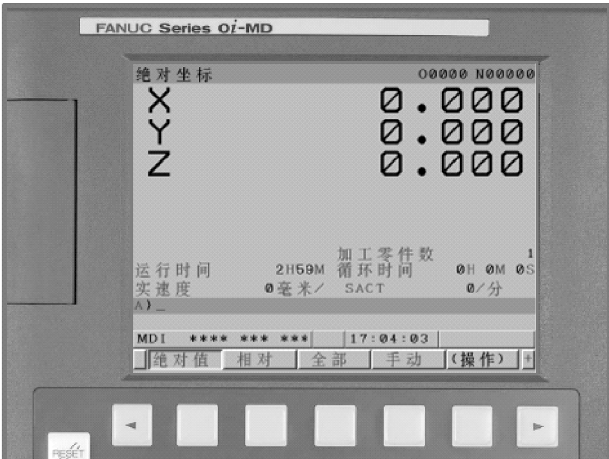


图 7.1-6　LCD 的基本显示



图 7.1-7　操作状态显示

输入缓冲区显示的是通过 MDI 单元地址/数字键输入的字符，字符后显示有下一字符的光标提示符“_”。如按 MDI 单元的编辑键【SHIFT】，提示符将由“_”变为“^”，MDI 上的地址/数字键被切换到“上挡”字符输入，此外，还可以用于截屏操作（见 9.4.3 节）；如按 MDI 单元的编辑键【CAN】，则可取消最后一个字符。如果输入的数据格式不正确或所选择的操作不允许，LCD 的操作出错信息栏将显示出错原因。

CNC 状态显示栏可以显示 CNC 当前的操作方式（MEM、MDI、EDIT 等）、自动运行状态（STRT、HOLD、DWL 等）、辅助功能执行状态（FIN）、警示信息（ALM、BAT 等）以及 CNC 当前的时间、程序编辑状态等内容。

3. 软功能键显示

软功能键用于 MDI 单元功能键的功能展开，其当前功能可在 LCD 的功能提示栏显示。总体而言，软功能键具有显示选择（FANUC 手册称章节选择）和操作选择两方面的功能。为了便于文档编辑，本书后述的内容中将以统一用符号“〖 〗”代表软功能键。

显示选择的软功能可用于 MDI 单元功能键显示内容的多层展开，同一层的显示功能还可用扩展键〖+〗进行扩展或用〖〈〗返回。在不同的 CNC 操作方式下，可展开的显示内容有所不同，具体见下述。

操作选择的软功能键可通过按〖(操作)〗键进入，其内容根据 CNC 操作方式、显示选择的不同而不同。例如，当选择 MDI 单元的功能键【SYSTEM】，并利用软功能键〖参数〗选择参数显示时，如按〖(操作)〗键，便可显示图 7.1-7 所示的操作软功能键，并进行参数号检索、参数值 0 或 1 的设定、参数值的增量改变、参数值输入等操作。

4. 软功能键与作用

在 MDI 功能键选择后，对应的显示软功能键见表 7.1-2，有关 LCD 显示的详细内容将在第 8 章进行介绍。

表 7.1-2　软功能键及作用表

功能键	CNC 操作方式选择	软功能键		LCD 显示内容	参见章节
		英文	中文		
POS 【POS】	任意	〖ABS〗	〖绝对值〗	绝对位置显示	8.1.1
		〖REL〗	〖相对〗	相对位置显示	8.1.1
		〖ALL〗	〖全部〗	位置综合显示	8.1.1
		〖HNDL〗	〖手动〗	手轮中断操作	8.1.3
		〖MONI〗	〖监控〗	伺服轴负载表、主轴负载表和转速表显示	8.1.2
PROG 【PROG】	MEM/RMT	〖PROGRM〗	〖程序〗	加工程序	8.2.1
		〖CHECK〗	〖检测〗	当前执行段、坐标轴位置、模态代码	8.2.2
		〖CURRENT〗	〖现在段〗	当前执行段、模态代码	8.2.2
		〖NEXT〗	〖下一步〗	当前执行段、下一程序段	8.2.2
		〖RESTART〗	〖再开〗	程序重新启动信息	8.2.4
		〖DIR〗	〖一览〗	加工程序一览表	8.2.1
	MDI	〖PROGRM〗	〖程序〗	同上	8.2.1
		〖MDI〗	〖MDI〗	MDI 程序输入	8.2.1
		〖CURRENT〗	〖现在段〗	同上	8.2.2
		〖NEXT〗	〖下一步〗	同上	8.2.2
		〖RESTART〗	〖再开〗	同上	8.2.4
		〖DIR〗	〖一览〗	同上	8.2.1
	EDIT/TJOG/THND	〖PROGRM〗	〖程序〗	同上	8.2.1
		〖DIR〗	〖一览〗	同上	8.2.1
		〖C.A.P〗	〖对话型〗	对话型编程或 0i 引导编程	8.2.2
	JOG/HND/REF	〖PROGRM〗	〖程序〗	同上	8.2.1
		〖CURRENT〗	〖现在段〗	同上	8.2.2
		〖NEXT〗	〖下一步〗	同上	8.2.2
		〖RESTART〗	〖再开〗	同上	8.2.4
		〖DIR〗	〖一览〗	同上	8.2.1

（续）

功能键	CNC 操作方式选择	软功能键		LCD 显示内容	参见章节
		英文	中文		
OFS SET【OFS/SET】	任意	〖OFFSET〗	〖刀偏〗	刀具补偿(偏置)数据	8. 3. 5/7
		〖SETTING〗	〖设定〗	CNC 设定参数	8. 3. 1
		〖WORK〗	〖工件坐标系〗	工件坐标系偏置数据	8. 3. 2
		〖MACRO〗	〖宏程序〗	宏程序变量	8. 3. 2
		〖MENU〗	〖菜单〗	机床生产厂图形编程菜单	8. 3. 2
		〖OPR〗	〖操作〗	机床操作面板控制键设定	8. 3. 3
		〖TOOLLF〗	〖TL 寿命〗	刀具寿命管理数据	8. 3. 8
		〖OFST. 2〗	〖刀偏 . 2〗	0iTD 刀具 *Y* 轴位置偏置	8. 3. 5
		〖W. SHFT〗	〖工件偏〗	0iTD 工件偏移	8. 3. 5
		〖BARRIER〗	〖卡盘-尾架〗	0iTD 卡盘、尾架保护区	8. 3. 6
		〖RR-LEY〗	〖精度 LV〗	精度等级调整数据	8. 3. 4
		〖LANG. 〗	〖语种〗	LCD 显示语言选择	8. 3. 4
		〖PROT. 〗	〖保护〗	数据保护与密码设定	8. 3. 4
		〖GUARD〗	〖误操作〗	误操作保护设定	8. 3. 9
SYSTEM【SYSTEM】	任意	〖PARAM〗	〖参数〗	CNC 参数	9. 1. 2
		〖DGNOS〗	〖诊断〗	CNC 诊断数据显示	10. 1. 4
		〖SYSTEM〗	〖系统〗	系统配置信息	10. 1. 2
		〖PITCH〗	〖螺补〗	螺距误差补偿数据	9. 1. 3
		〖SV. SET〗	〖SV 设定〗	伺服设定	9. 1. 4
		〖SP. SET〗	〖主轴设定〗	主轴设定	9. 1. 5
		〖W. DGNS〗	〖波形诊断〗	跟随误差、转矩、信号画面	10. 1. 4
		〖ALL IO〗	〖所有 IO〗	数据输入/输出	9. 3. 2
		〖OPEHIS〗	〖操作历〗	操作履历	10. 1. 3
		〖PMCMNT〗	〖PMC 维修〗	PMC 信号状态、参数、波形	10. 2
		〖PMCLAD〗	〖PMC 梯图〗	PMC 程序梯形图	10. 3
		〖PMCCNF〗	〖PMC 配置〗	PMC 数据	10. 2
		〖PM. MGR〗	〖PM. MGR〗	Power Mate 管理器	10. 2
		〖COLOR〗	〖颜色〗	LCD 颜色设定	9. 1. 6
		〖MAINTE〗	〖维修〗	定期维护信息	10. 1. 1
		〖M-INFO〗	〖M-信息〗	维修信息	10. 1. 4
		〖FSSB〗	〖FSSB〗	FSSB 网络配置	9. 2
		〖PRMSET〗	〖PRM 设〗	CNC 参数的快捷设定	9. 2
		〖EMBED〗	〖内嵌〗	内置以太网网卡设定	9. 4
		〖PCMCIA〗	〖PCMCIA〗	PCMCIA 网卡设定	9. 4
		〖ETHBRD〗	〖内嵌板〗	快速以太网/数据服务器设定	9. 4

（续）

功能键	CNC 操作方式选择	软功能键		LCD 显示内容	参见章节
		英文	中文		
SYSTEM【SYSTEM】	任意	〖RMTDIAG〗	〖远程诊断〗	以太网远程诊断设定数据	9.4
		〖M-TUN〗	〖M-TUN〗	精度等级调整参数	9.1.7
		〖ID-INF〗	〖ID 信息〗	ID 数据	10.1.4
		〖MEMORY〗	〖存储器〗	存储器信息	10.1.4
		〖PROF. M〗	〖PROF. M〗	PROFIBUS 主站设定	9.4
		〖PROF. S〗	〖PROF. S〗	PROFIBUS 从站设定	9.4
MESSAGE【MESSAGE】	任意	〖ALARM〗	〖报警〗	报警显示	10.1.4
		〖MSG〗	〖信息〗	操作者信息	10.1.4
		〖HUSTRY〗	〖履历〗	报警履历	10.1.4
		〖MSGHIS〗	〖MSGHIS〗	操作者信息履历	10.1.4
		〖EMBLOG〗	〖内嵌板日志〗	内置以太网出错信息	9.4
		〖PCMLOG〗	〖PCM 日志〗	PCMCIA 以太网卡出错信息	9.4
		〖BRDLOG〗	〖板日志〗	快速以太网/数据服务器出错信息	9.4
CSTM GRP【CSTM/GRAPH】	任意	〖PARAM〗	〖参数〗	图形显示参数	10.4
		〖GRAPH〗	〖图形〗	0iMD 刀具轨迹显示设定	10.4
		〖GRAPH〗	〖图形〗	0iTD 刀具轨迹显示设定	10.4
		〖LARGE〗	〖扩大〗	图形缩放	10.4
		〖EXEC〗	〖执行〗	刀具轨迹图形显示(0iMD)	10.4
		〖EXEC〗	〖执行〗	虚拟动画显示(0iMD)	10.4
		〖POS〗	〖位置〗	刀具位置显示(0iMD)	10.4
		〖PARAM〗	〖参数〗	图形显示参数(0iMD)	10.4
		〖3-PLN〗	〖3 面图〗	3 视图显示(0iMD/扩展)	10.4

7.2 基本操作

7.2.1 手动操作

1. 手动连续进给操作

手动连续进给（JOG）是利用操作面板上的按钮、按键手动控制坐标轴运动的一种方法，其运动轴、方向、速度均可手动选择与控制。手动操作的基本步骤见表 7.2-1。

2. 手动增量进给操作

手动增量进给（INC）是利用操作面板上的按钮、按键手动控制坐标轴定量移动的一种方法，其运动轴、方向、速度、移动量均可手动选择与控制。增量进给操作的基本步骤见表 7.2-2。

表7.2-1　手动连续进给的操作步骤

面板操作	操作说明	备　注
REF JOG INC HANDLE	1)按机床操作面板的『JOG』键,选择手动连续进给方式 2)『JOG』按键指示灯亮	JOG操作方式必须在按方向键前选定
0 1 2 4 6 8 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 100 105 110 120 (%)	1)通过倍率开关选择移动速度 2)运动过程中,速度可以随时调节	倍率开关100%位置的速度,通过CNC参数PRM1423设定
X Y Z 4 5 6	利用"轴选择"键,选定运动轴	
+ RAPID −	1)按下"方向"键,选定轴即向指定方向运动 2)松开方向键,轴停止运动	如同时按下『RAPID』键,轴以CNC参数PRM1424设定的手动快速运动

表7.2-2　手动增量进给的操作步骤

面板操作	操作说明	备　注
REF JOG INC HANDLE	1)按机床操作面板的『INC』键,选择增量进给方式 2)『INC』按键指示灯亮	
×1 ×10 ×100 ×1000	按操作面板的增量进给距离选择键,选定增量移动距离	移动距离键指定的是坐标轴最小移动量的倍率
0 1 2 4 6 8 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 100 105 110 120 (%)	1)通过倍率开关选择移动速度 2)运动过程中,速度可以随时调节	倍率开关100%位置的速度,通过CNC参数PRM1423设定
X Y Z 4 5 6	利用"轴选择"键,选定运动轴	

（续）

面板操作	操作说明	备　注
+ RAPID −	按下方向键，所选定的轴即在指定的方向上运动指定的距离	松开方向键后，重新按方向键，可再次进行增量进给运动

3. 手轮进给操作

手轮进给（HANDLE）是利用手轮控制坐标轴移动的一种方法，其运动轴、手轮每格移动量需要操作面板上的按钮、按键选择；运动方向和距离利用手轮控制。手轮进给操作的基本步骤见表 7.2-3。

表 7.2-3　手轮进给的操作步骤

面板操作	操作说明	备　注
REF JOG INC HANDLE	1）按机床操作面板的『HANDLE』键，选择手轮进给方式 2）『HANDLE』按键指示灯亮	
×1 ×10 ×100 ×1000 或：×1 ×10 ×100	按操作面板的增量进给距离选择键或手轮操作盒上的每格移动量选择旋钮，选定手轮每格移动量	移动距离键指定的是坐标轴最小移动量的倍率
X Y Z 4 5 6 或：X Y Z 4	利用操作面板上的“轴选择”键或手轮操作盒上的“轴选择”旋钮，选定手轮运动轴	
FANUC	旋转手轮，坐标轴即运动	运动方向决定于手轮旋转方向，运动距离决定于手轮转过的格数

4. 手动回参考点操作

手动回参考点操作（REF）是为了建立机床坐标系而进行的操作，它可使坐标轴以规定的方向、速度，向参考点运动并完成定位。手动回参考点前，应通过手动连续进给或手轮操作，将坐标轴移动到合适的位置，手动回参考点操作的基本步骤见表 7. 2-4。

表 7. 2-4　手动回参考点的操作步骤

面板操作	操 作 说 明	备　　注
REF　JOG　INC　HANDLE	1)按机床操作面板的『REF』键，选择回参考点方式 2)『REF』按键指示灯亮	
0　1　2　4　6　8　10　20　30　40　50　60　70　80　90　95　100　105　110　120 (%)	通过倍率开关选择回参考点运动速度(快速移动速度)	倍率开关 100% 位置的速度，通过 CNC 参数 PRM1420 设定
X　Y　Z 4　5　6	利用"轴选择"键，选定运动轴	
+　RAPID　−	1)按下方向键，选定轴即按照规定的方向快速运动 2)压到参考点减速开关后，自动减速到参考点搜索速度 3)到达参考点后，轴停止运动；参考点指示灯亮	1)回参考点方向由参 CNC 数 PRM1006. 5 设定 2)参考点搜索速度由 CNC 参数 PRM1425 设定 3)参考点指示灯由机床生产厂家设计

7. 2. 2　程序输入

1. EDIT 编辑

EDIT 编辑是直接利用 CNC 的操作/显示面板（MDI/LCD 单元），输入、修改 CNC 存储器上加工程序的操作，编辑完成的加工程序保存在 CNC 存储器中，可在存储器自动运行（MEM）方式下运行。FS-0iD 加工程序的 EDIT 输入操作步骤见表 7. 2-5。

表 7. 2-5　EDIT 程序输入的操作步骤

面板操作	操 作 说 明
AUTO　EDIT　MDI　REMOTE	1)按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式 2)『EDIT』按键指示灯亮

（续）

面板操作	操 作 说 明
1）按 PROG 键，显示程序 2）按地址【O】和数字键（如 O123），输入程序号 3）按 INSERT 键，创建程序	EDIT 程序编辑显示 程序 O0123 N00000 O0123 （FG：编辑） O0123 ; % A）_ S 0 T0000 编辑 **** *** *** 09:54:42 程序 一览 （操作）
1）用地址、数字键输入程序段 O N G 7 8 9 X Y Z 4 5 6 M S T 1 2 3 F H EOB - 0 . 2）按 INSERT 键，插入程序	加工程序的输入 程序 O0123 N00000 O0123 （FG：编辑） O0123 ; N10 G92 X0 Y0 Z0 ; N12 ; % A）_ S 0 T0000 编辑 **** *** *** 09:54:42 程序 一览 （操作）
用程序编辑键修改程序 SHIFT CAN INPUT ALTER INSERT DELETE	输入的程序可通过程序编辑键修改。程序编辑的方法详见 7.3 节

2. TEACH 编程

选择 TEACH（示教）编辑时，程序段中的坐标位置值可通过手动坐标轴的移动（JOG、INC 或 HANDLE 方式）输入，编辑完成的加工程序保存在 CNC 存储器中，可在存储器自动运行（MEM）方式下运行。FS-0iD 加工程序的 TEACH 输入操作步骤见表 7.2-6。

表 7.2-6 TEACH 程序输入的操作步骤

面板操作	操作说明
SINGLE BLOCK　BLOCK SKIP　OPT STOP　TEACH	1）按机床操作面板的『TEACH』键，选择示教编辑方式 2）『TEACH』按键指示灯亮

（续）

面板操作	操作说明
1）按 PROG 键，显示程序 2）按地址【O】和数字键（如 O123），输入程序号 3）按 INSERT 键，创建程序	EDIT 程序编辑显示 程 序　O0123 N00000 O0123　(FG：编 辑) O0123 ; % A）_ S　0 T0000 编 辑 **** *** ***　09:54:42 程 序　一 览　(操 作)
1）用 EDIT 编辑同样的方法，通过地址、数字键输入程序段中的段号、G 代码指令，如 N10 G00 等 2）按 INSERT 键，插入 G 代码指令	G 代码指令的输入 程 序　O0123 N00000 O0123　(FG：编 辑) O0123 ; N10 G00 ; % A）_ S　0 T0000 编 辑 **** *** ***　09:54:42 程 序　一 览　(操 作)
1）通过手轮，将坐标轴移动到本程序段的终点位置，如 X100. Y0 Z100. X　Y　Z　4 FANUC 2）依次按【X】、INSERT、【Y】、INSERT、【Z】、INSERT 键，将 X、Y、Z 轴的当前位置，作为程序段的终点位置，插入到程序段中	坐标轴位置的输入 程 序　O0123 N00000 O0123　(FG：编 辑) O0123 ; N10 G00 X100.Y0 Z100.; % A）_ S　0 T0000 编 辑 **** *** ***　09:54:42 程 序　一 览　(操 作)

（续）

面板操作	操作说明
1）用 EDIT 编辑同样的方法，通过地址、数字键输入程序段中的其他辅助指令，如 M03 等 2）按 INSERT 键，插入辅助指令 3）输入完成后，用【EOB】、INSERT 结束程序段输入 4）重复以上操作，完成其他程序段的输入编辑	辅助指令的输入 程序 O0123 N00000 O0123 (FG：编辑) O0123 ; N10 G00 X100.Y0 Z100.M03 ; % A）_ S 0 T0000 编辑 **** *** *** 09:54:42 程序 一览 （操作）

7.2.3 自动运行

1. MDI 运行

MDI 运行是利用 CNC 操作面板，临时输入一段或若干段程序，控制机床自动运行的操作。MDI 运行的程序段有一定的限制（6～10 段），程序原则上在运行结束后自动清除。FS-0iD 的 MDI 运行基本操作步骤见表 7.2-7。

表 7.2-7 MDI 运行的操作步骤

面板操作	操作说明	备注
○ AUTO ○ EDIT ● MDI ○ REMOTE	1）按机床操作面板的『MDI』键，选择 MDI 运行方式 2）『MDI』按键指示灯亮	
按 PROG 键，显示程序	1）显示如下 MDI 程序输入页面 2）程序号 O0000 被自动插入 程序（MDI） O0000 N00000 O0000 % G00 G90 G94 G40 G80 G50 G97 G64 G17 G23 G21 G49 G98 G67 G54 G69 T H M D M F S M 实速度 0毫米/ SACT 0/分 A）_ MDI **** *** *** 17:44:16 程序 MDI 现在段 下一步 （操作） +	

（续）

面板操作	操作说明	备注
用地址、数字键输入 MDI 程序	1）若程序以 M99 结束，MDI 运行完成后可以返回到程序开始位置 2）若程序以 M02、M30 结束，程序运行到结束处，自动清除 MDI 程序 3）MDI 程序段的数量有限制 4）可通过输入【O】、按【DELETE】或按【RESET】键，删除全部 MDI 程序	CNC 参数 PRM3203.7 设定为 1 时，通过【RESET】键的删除有效
用程序编辑键修改程序 SHIFT　CAN　INPUT ALTER　INSERT　DELETE	1）MDI 程序可通过程序编辑键修改	程序编辑的方法详见 7.3 节
用程序启动、停止键控制运行 CYCLE STOP　CYCLE START　PRG STOP	1）运行前将光标移至程序起始位置 2）按机床操作面板的『CYCLE START』键，启动程序运行 3）用机床操作面板『CYCLE STOP』、『PRG STOP』、『CYCLE START』键，控制程序的启/停	
用 RESET 结束 MDI 操作	1）按 MDI 面板的【RESET】键，MDI 运行结束，CNC 复位	

2. MEM 运行

MEM（存储器）运行是利用 CNC 存储器上的加工程序，控制机床自动运行的操作。存储器运行的程序需要事先编制，并输入到 CNC 的存储器中。FS-0iD 的 MEM 运行基本操作步骤见表 7.2-8。

表 7.2-8　MEM 运行的操作步骤

面板操作	操作说明
AUTO　EDIT　MDI　REMOTE	1）按机床操作面板的『AUTO』键，选择 MEM 运行方式 2）『AUTO』按键指示灯亮
1）按 PROG 键，显示程序 2）按程序号【O】和数字键（如 O123），输入程序号 3）按软功能键〖O 检索〗，指定的程序被显示	MEM 程序显示页面 程序　O0123 N00456 BC：000000002 O0123 ; N456 G90 G00 X-554378. Y-154363. Z150000. ; X-554370. Y-154363. ; Z5357 ; N622 G01 X-55378 Y-1543632 Z-14643 F150 ; X-553484 Y-153996 Z-14724 F4000 ; Z-14824 ; Y-151521 Z-14945 ; Y-150696 Z-11579 ; A）_ MEM STRT MTN *** 17:48:31 程序　检测　现在段　下一步　（操作）

（续）

面板操作	操作说明
用程序启动/停止键启动运行 ○ ● ○ CYCLE STOP　CYCLE START　PRG STOP	1）按机床操作面板的〖CYCLE START〗键，启动程序自动运行 2）用机床操作面板〖CYCLE STOP〗、〖PRG STOP〗、〖CYCLE START〗键，控制程序的启动/停止
用程序控制键，控制程序运行 ○ ○ ○ SINGLE BLOCK　BLOCK SKIP　OPT STOP	可以通过〖SINGLE BLOAK〗、〖BLOCK SKIP〗、〖OPT STOP〗键，控制程序进行单段、跳过程序段、选择停止等方式运行
用 RESET 结束 MEM 操作	按 MDI 面板的【RESET】键，结束程序自动运行，CNC 复位

3. DNC 运行

DNC 运行（RMT 方式）的加工程序直接来自外部设备，程序不存储在 CNC 存储上，它多用于程序容量大的 CAD/CAM 加工。利用存储器卡的 DNC 运行是 FS-0iD 的常用操作，其基本操作步骤见表 7.2-9。

表 7.2-9　存储器卡 DNC 运行的操作步骤

面板操作	操作说明
○ ○ ○ ● AUTO　EDIT　MDI　REMOTE	1）按机床操作面板的〖REMOTE〗键，选择 DNC 运行方式 2）〖REMOTE〗按键指示灯亮
1）按 PROG 键，显示程序 2）按软功能键〖 > 〗，显示扩展 3）按软功能键〖一览〗，显示程序清单 4）按软功能键〖（操作）〗，显示 DNC 程序选择页面 5）按软功能键〖设备〗，选择〖存储卡〗，生效存储器卡 DNC 运行	存储器卡 DNC 运行页面显示 存储卡　O0123 N00000 DNC 文件 登录数　20 设备：　M_CARD 号.　文件名　注　释 0017 O0123 (　) 0018 O0567 (　) 0019 O1000 (　) 0020 O1001 (　) 0021 O1002 (　) 0022 O1003 (　) 0023 O1234 (　) 0024 O2222 (　) A）_ RMT **** *** ***　17:47:40 设备　更新　DNC　DNC CLR

（续）

面板操作	操作说明
1）输入 DNC 运行的文件号，按软功能键〖DNC〗，选择运行程序，选中的程序将增加前缀“D”标记 2）按软功能键〖DNC CLR〗，可以撤销 DNC 运行程序，程序中的前缀“D”标记将删除	DNC 运行程序选择 存储卡　O0123 N00000 DNC 文件　O0123 登录数　20 设备：　M_CARD 号.　文件名　注　释 D0017　O0123　(　) 0018　O0567　(　) 0019　O1000　(　) 0020　O1001　(　) 0021　O1002　(　) 0022　O1003　(　) 0023　O1234　(　) 0024　O2222　(　) A）_ RMT　****　***　***　17:47:40 设备　更新　DNC　DNC CLR
用程序启动、停止键控制运行 CYCLE STOP　CYCLE START　PRG STOP 1）按机床操作面板的『CYCLE START』键，启动程序自动运行 2）用机床操作面板『CYCLE STOP』、『PRG STOP』、『CYCLE START』键，控制程序的启/停 3）在运行 DNC 程序时，不能进行〖DNC CLR〗操作	当前执行段在 LCD 上显示 程序　O0123 N00456 BC:000000002 O0123 ; N456 G90 G00 X-554378. Y-154363. Z150000. ; X-554370. Y-154363. ; Z5357 ; N622 G01 X-55378 Y-1543632 Z-14643 F150 ; X-553484 Y-153996 Z-14724 F4000 ; Z-14824 ; Y-151521 Z-14945 ; Y-150696 Z-11579 ; A）_ RMT　STRT　MTN　***　17:48:31 程序　检测　现在段　下一步　（操作）

7.3　程序编辑

7.3.1　程序输入与修改

通过 MDI/LCD 面板，将加工程序输入到 CNC 存储器，是最基本的程序输入方式。程序的输入前，需要将图 7.3-1 所示的附加机床操作面板，或用户自制的机床操作面板上的存储器保护旋钮置于 OFF 位置，以取消 CNC 的存储器保护功能。加工程序输入的基本操作步骤如下。

1. MDI 面板输入

在 CNC 存储器中，加工程序以程序号的形式进行识别和管理，因此，加工程序的创建需要在 CNC 上生成一个程序号。程序号生成后，即可以依次输入加工程序段。利用 MDI 面板输入加工程序是 FS-0iD 最基本的程序输入方式，其操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式。

2）按 MDI 面板上的功能键【PROG】，LCD 显示程序页面。

3）利用地址键【O】和数字键，输入需要创建的程序号，如 O1234 等。

4）按 MDI 面板上的编辑键【INSERT】，加工程序号即被插入到存储器中。

5）利用 MDI 面板的地址键和数字键，输入加工程序段指令，按【EOB】结束程序段。

6）按 MDI 面板上的编辑键【INSERT】，加工程序段即被插入到程序中。

7）重复以上步骤 5）、6），完成全部程序的输入。

如果程序输入时需要自动插入程序段号，则可以通过下述的操作，在程序段输入前自动生成程序段号。程序输入完成后，按 MDI 面板的【RESET】键，光标可返回到程序的开始位置，然后，利用光标移动键【→】或【↓】，进行程序检查。输入的程序可通过后述的程序编辑操作，进行必要的修改。程序输入（创建）对存储器卡无效，但保存在存储器卡上的程序可以进行部分编辑操作（详见 7.3.2 节）。

当加工程序通过上述步骤 1）~4）插入程序号后，其程序段的输入也可以通过机床操作面板上的『TEACH』键，选择示教（TEACH）编辑方式输入，其操作方法可参见 7.2 节的表 7.2-6。如果 CNC 选择了对话编程、引导编程或轮廓编程、图形编程等附加功能，加工程序段的输入还可用对话、引导或轮廓定义等方式输入，有关内容可参见第 6 章。

2. 段号的自动生成

程序段号 N 既能用来指示程序跳转的目标位置，也可用来指示程序检索、重新启动的位置。如果加工程序中的段号 N 按规定值依次递增，则可以使用 CNC 的段号自动生成功能，从而省略程序输入时的 N 号输入操作。程序段号自动生成的方法如下：

1）利用第 8 章所述的 CNC 参数设定操作，在 CNC 参数 PRM3216 中，设定程序段号的增量值，如 2 等。

2）利用第 8 章所述的 CNC 参数设定操作，将图 7.3-1 所示的 CNC 设定参数页面上的“顺序号”设定为“1”，生效程序段号自动插入功能。

3）利用上述的程序输入操作，输入需要创建的程序号。

4）将光标定位到程序段结束符“;”上。



图 7.3-1 自动生成程序段号的设定

5）利用地址键【N】和数字键，输入起始程序段号（如 N10），按编辑键【INSERT】插入，程序段号即被自动插入到下一程序段的起始位置。如起始程序段号使用 N0，则只要输入程序段结束符【EOB】、按【INSERT】插入，便可自动生成程序段号 N0。

6）利用 MDI 面板的地址键和数字键，输入加工程序段指令，并以【EOB】结束、按【INSERT】插入程序段后，便可在下一程序段的起始位置，自动生成依次递增的段号。

例如，当 CNC 参数 PRM3216 设定“2”、起始程序段号为 N10 时，如输入程序段 G92 X0 Y0 Z0 后，以【EOB】结束、按编辑键【INSERT】插入，CNC 将自动生成图 7.3-2 所示的程序段号 N12。

7）当光标定位在图 7.3-2 所示的程序段号 N 时，可通过 MDI 面板输入 N□□□、按编辑键【ALTER】，修改程序段号 N；段号修改后，在随后输入的程序段上，将以修改后的段号作为起始值，自动生成依次递增的段号。

例如，在图 7.3-2 所示的显示下，输入 N100 后按【ALTER】键，程序段号 N12 将被修改为 N100；完成程序段 N100 输入后，以【EOB】结束、按编辑键【INSERT】插入，CNC 将在下一段上自动生成程序段号 N102。



图 7.3-2　程序段号的自动生成

3. 字的编辑

加工程序中的程序字可通过插入、替换、删除等操作进行编辑。修改程序字前，需要将光标定位到程序字上，简单程序的光标定位可直接通过 MDI 面板的光标移动键【←】、【→】或【↓】、【↑】实现，复杂程序则一般利用后述的“字检索”功能进行定位。程序字的编辑方法如下：

1）将光标定位到需要修改的字上，如果需要插入一个字，则需要将光标定位到需要插入字的前一个程序字上，例如，为了在图 7.3-3 所示的程序段 N12 的最后添加一条 M03 指令，需要将光标定位到 Y100.0 上。

2）如果需要进行字的插入，按 MDI 面板上的地址键和数字键，输入程序字（如 M03），然后按编辑键【INSERT】，所输入的程序字即被插入到光标定位字的后面；如果需要进行字的替换，则按编辑键【AL-

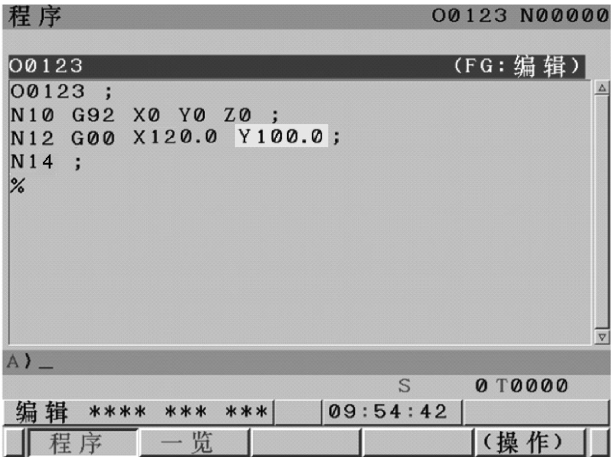


图 7.3-3　字的插入、替换和删除

TER】，光标定位的字即被所输入的程序字替代；如果直接按面板上的编辑键【DELETE】，光标定位的字即被删除。

4. 字的一次性替换

加工程序中的程序字可通过一次性替换操作，进行所有相同程序字的一次性修改，一次性替换的操作步骤如下：

1）按软功能键〖（操作）〗，并按扩展键，使得软功能键〖替换〗显示。

2）按软功能键〖替换〗，并输入需要被替换的程序字，按软功能键〖之前〗确认输入。

3）输入替换后的程序字，按软功能键〖之后〗，CNC 将自动搜索需要被替换的字。如果需要替换的字在程序中不存在，则 CNC 显示操作出错信息“未找到字符”。

4）需要被替换的字找到后，CNC 将显示按软功能键〖跳跃〗、〖1-执行〗、〖全执行〗。选择〖跳跃〗，本程序字不进行替换，光标将定位到下一个需要被替换的字上；如选择〖1-执行〗，本程序字执行替换，光标将定位到下一个需要被替换的字上；如选择〖全执行〗，光标后的所有需要被替换的字都将被一次性替换。

5）利用软功能返回键，退出一次性替换操作。

5. 程序段的删除

加工程序中的程序段可以通过程序段删除功能删除。删除程序段前，需要将光标定位到程序段上，同样，简单程序的光标定位可直接通过 MDI 面板的光标移动键【←】、【→】或【↓】、【↑】实现，复杂程序则一般利用后述的“程序段检索”功能进行定位。程序段的删除方法如下：

1）将光标定位到需要删除程序段的第 1 个字上，例如，为了删除图 7.3-4 所示的程序段 N10，需要将光标定位到 N10 上。

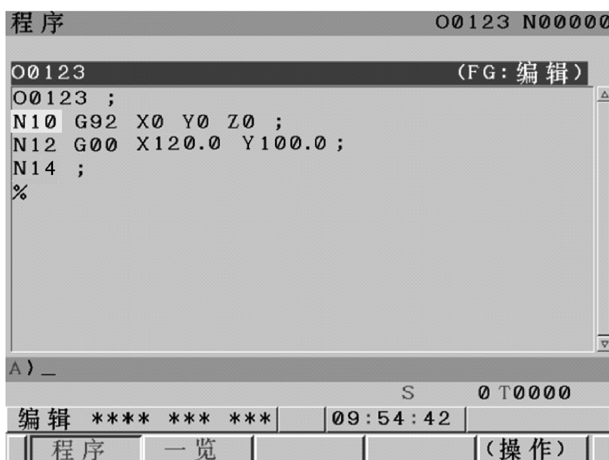


图 7.3-4 程序段的删除

2）按 MDI 面板上的程序段结束符【EOB】、再按编辑键【DELETE】，指定程序段（如 N10）即被删除。如果需要删除连续多个程序段，则可连续输入多个程序段结束符【EOB】后，再按编辑键【DELETE】，例如，当光标定位于 N10 时，如果按 MDI 面板上的【EOB】、【EOB】，再按编辑键【DELETE】，程序段 N10、N12 将被同时删除。

7.3.2 编辑使能和检索

1. 基本说明

保存在 CNC 存储器上的加工程序可以通过 MDI 面板进行编辑。程序的编辑同样需要将图 7-1.3 所示的附加机床操作面板，或用户自制机床操作面板上的存储器保护旋钮置于“编辑允许”位置，以取消存储器保护功能，然后通过下述的编辑使能操作，使得程序修改成为允许。在此基础上，可以通过程序检索、程序段检索和字检索功能，将光标定位至需要修改的位置，然后按前述的程序字插入、替换、删除和程序段删除同样的方法，进行程序

编辑。

如果 CNC 选择有快速数据服务功能选件，程序编辑也可对存储器卡进行。存储器卡中的程序可以进行字插入、替换、删除，程序段删除，检索等编辑操作，但不能执行程序创建（输入）、删除、复制、整理和密码保护操作。编辑存储器卡程序前，需要通过以下操作生效存储器卡功能。

1）按机床操作面板的『EDIT』或『MEM』键，选择程序编辑或存储器操作方式。

2）按 MDI 面板上的功能键【PROG】，LCD 显示程序页面。

3）按软功能键〖一览〗，显示加工程序一览表。

4）按软功能键〖（操作）〗，并通过扩展键，显示软功能键〖设备〗（或〖设备选择〗）。

5）按软功能键〖设备〗（或〖设备选择〗），并选择软功能键〖存储卡〗，生效存储卡程序编辑功能。

6）按返回键退回主菜单。

2. 编辑使能

如 CNC 参数 PRM8131.4 设定为“1”，CNC 的数据保护功能将生效，这时，程序编辑需要通过如下操作，取消程序的“编辑禁止”属性。

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式。

2）按 MDI 面板上的功能键【PROG】，LCD 显示程序页面。

3）按软功能键〖一览〗，显示加工程序一览表。

4）按软功能键〖一览 +〗，可详细显示加工程序的属性。

5）利用光标移动键【↑】或【↓】，选择需要进行编辑的程序号。

6）按软功能键〖（操作）〗后，选择软功能键〖属性〗。

7）选择软功能键〖可编辑〗，使程序编辑成为允许；接着按软功能键〖结束〗，完成程序属性的修改。

程序编辑完成后，如果需要对程序进行编辑保护，可通过上述 1）~6）步操作，选择程序属性，然后在第 7）步操作中，选择〖编辑禁止〗，接着按软功能键〖结束〗，完成程序属性的修改。

3. 程序检索

保存在 CNC 存储器或存储器卡上的加工程序，可利用程序检索操作，在 LCD 上显示指定的程序，并进行编辑、删除或自动运行等操作。程序检索的操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式；或按机床操作面板的『MEM』键，选择 MEM 运行方式。

2）按 MDI 面板上的功能键【PROG】，LCD 显示程序页面。

3）利用地址键【O】和数字键，输入需要检索的程序号，如 O1234 等。

4）按 MDI 面板的光标移动键【↑】或【↓】；或者，按软功能键〖O 检索〗，指定的程序将在 LCD 上显示；LCD 的右上角将显示程序号。

如果 CNC 存储器中不存在需要检索的程序，LCD 将显示报警 PS071。如第 3）步操作只输入程序号【O】、未输入数字，然后执行第 4）步操作，则 CNC 将自动选择紧接当前程序号的下一个程序（或上一个）程序进行显示。

4. 程序段检索

利用程序段检索功能，可将光标直接定位到指定的程序段上，对其进行编辑、删除或重新启动等操作。简单程序的程序段检索，可直接利用 MDI 面板上的页面选择键【PAGE↑】、【PAGE↓】及光标移动键【↑】、【↓】进行定位；复杂程序的程序段检索，可通过如下操作实现：

1）利用程序检索功能，使需要编辑的程序在 LCD 上显示。

2）利用地址键【N】和数字键，输入需要检索的程序段号，如 N100 等。

3）按软功能键〖N 检索〗，光标将定位到指定的程序段上；LCD 的右上角将显示程序段号。如当前程序中不存在需要检索的程序段号，LCD 将显示报警 PS060。

4）如在 MEM、EDIT 方式下，按软功能键〖(操作)〗后选择软功能键〖回转〗；或利用 MDI 面板输入程序号、按软功能键〖O 检索〗；或在 EDIT 方式下，按 MDI 面板的【RESET】键；光标可返回到程序的开始位置。

5. 字检索

利用字检索功能，可将光标直接定位到指定的程序字上，对其进行修改、删除或插入等操作。简单程序的程序字检索，可直接用 MDI 面板上的页面选择键【PAGE↑】、【PAGE↓】及光标移动键【↑】、【↓】进行定位；复杂程序的程序字检索，可通过如下操作实现。

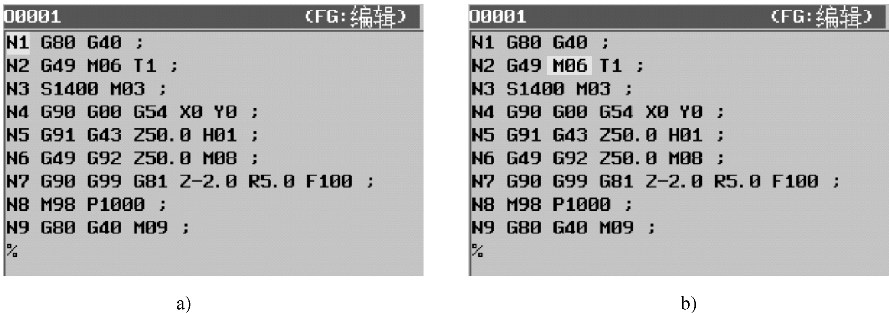
1）利用程序检索功能，使需要编辑的程序在 LCD 上显示。

2）利用地址键和数字键，输入需要检索的程序字，如 X100 等。

3）按软功能键〖检索↓〗，或按 MDI 面板的光标移动键【↓】，光标将定位到指定的程序字上；如当前程序中不存在需要检索的程序字，LCD 将显示报警 PS071。

4）再次按〖检索↓〗，光标将定位到下一个同样的程序字上；按〖检索↑〗，则定位到上一个同样的程序字上。

字检索功能可检索单独的地址。例如，在图 7. 3-5a 所示的程序显示页面，如输入检索地址 M，第 1 次按软功能键〖检索↓〗，光标将向下定位到图 7. 3-5b 所示、N2 的 M06 上；再次按软功能键〖检索↓〗，光标将继续向下定位到 N3 的 M03 上，接着按软功能键〖检索↑〗，光标可向上返回到 N2 的 M06 上等。



a) b)

图 7. 3-5 字检索的操作

但是，如需要检索程序字，则执行第 2）步操作时，需要输入完整的程序字。例如，在图 7-3. 5a 上，为了检索 N5 的 Z50. 0，需要输入 Z50. 0，然后按软功能键〖检索↓〗；如只输入 Z5，光标无法定位到 N5 的 Z50. 0 上。

7.3.3　程序删除、复制和整理

1. 程序删除

利用程序删除功能，可以删除 CNC 存储器中的指定程序或所有程序，但保存在存储器卡上的程序不能进行删除操作。程序删除的操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式。

2）按 MDI 面板上的功能键【PROG】，LCD 显示程序页面。

3）利用地址键【O】和数字键，输入需要删除的程序号，如 O1234 等；然后，按 MDI 面板的【DELET】键，便可删除指定的程序。

4）如输入程序号 O9999，按【DELET】键，则可删除 CNC 存储器中的全部程序。

2. 程序复制

利用程序复制功能，可以将一个完整的程序或程序中的一部分内容，直接粘贴到另一程序中。程序复制的操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式；并利用程序检索功能，显示需要进行复制的源程序；然后，将光标定位到需要复制部分的开始位置。

2）按软功能键〖(操作)〗、并用扩展键显示图 7.3-6 所示的程序复制选择软功能键。



图 7.3-6　程序复制选择软功能键

3）按软功能键〖选择〗，光标定位点将被指定为程序复制的起始点。

4）按光标移动键【→】或【↓】，从复制起始点开始到光标停止位置间的程序段，将以光标颜色显示，表明此范围的程序段已选定，CNC 显示图 7.3-7 所示的程序复制软功能键。如选择错误，可按软功能键〖取消〗，撤销所选择的区域。



图 7.3-7　程序复制软功能键

5）按软功能键〖复制〗，被选定程序段将被复制到 CNC 的粘贴板上。如果区域没有选定，CNC 将显示操作出错信息“没有选择范围”；如所选择的程序容量超过了 CNC 粘贴板的容量，则显示操作出错信息“超出了拷贝缓冲区容量”。

6）利用程序检索功能，显示需要进行粘贴的目标程序，或直接创建一个新程序，然后，将光标定位到粘贴的起始位置。

7）按软功能键〖粘贴〗，CNC 显示图 7.3-8 所示的粘贴软功能键。

8）选择〖BUF 执行〗软功能键，CNC 粘贴板上的内容将被粘贴到光标定位点之后的位置上。如 CNC 的粘贴板上没有利用复制功能写入程序段，CNC 将显示操作出错信息“拷贝缓存是空的”。

如果在执行第3）步操作时，选择软功能键〖全选择〗，则除了程序号O外的全部内容将被选定，接着可直接执行第5）步操作，将完整的程序复制到CNC粘贴板中，然后，利用粘贴功能，将其粘贴到其他程序中。完整程序的复制，还可通过以下简单的操作方法实现。



图 7.3-8 程序粘贴软功能键

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式；

2）利用程序检索功能，直接显示需要进行粘贴的目标程序，并将光标定位到粘贴的起始位置。

3）按软功能键〖(操作)〗、并用扩展键显示图7.3-6所示的程序复制选择软功能键。

4）按软功能键〖粘贴〗，CNC显示图7.3-8所示的粘贴软功能键。

5）利用MDI面板输入需要复制的源程序号、按软功能键〖指定PRG〗，源程序将被直接粘贴到目标程序上。如指定的源程序不存在，CNC将显示操作出错信息“没有指定程序”。

3. 程序剪切和移动

程序剪切和复制的区别仅在于：程序复制时，所选定的程序段复制到CNC粘贴板后，仍然保留在原来的程序中；而程序剪切时，所选定的程序段剪切到CNC粘贴板后，将从原来程序中删除。

程序剪切除了第5）步需要选择软功能键〖剪切〗外，其余均和复制操作相同。同样，如果在执行第3）步选择程序剪切区域操作时，选择了软功能键〖全选择〗，则整个程序将被剪切，原来的程序将成为只有程序号的空程序。剪切到CNC粘贴板中的程序段，同样可通过粘贴操作，粘贴到其他程序中，因此，这一操作又称为程序移动。

4. 输入缓冲区的复制和移动

上述复制、剪切是通过CNC粘贴板的过度，生成新加工程序的操作，其缺点是复制在粘贴板上的程序只能原封不动地粘贴到新程序上，而不能对其修改，因此，通过复制生成的程序，通常还需要进行后续的编辑操作。为了能够对所复制、剪切的程序段进行修改，需要使用CNC的“输入缓冲区的复制和移动”功能。

输入缓冲区的复制和移动功能在CNC参数PRM3205.2设定为“1”时生效，此时，执行程序复制、剪切操作时，所选定的程序将被复制、剪切到CNC的输入缓冲区，而不再写入到粘贴板，因此，可直接在输入缓冲区内修改程序，并插入到其他程序中，从而使得复制、修改、粘贴操作可一次性完成。FS-0iD输入缓冲区的容量为127字符，如果复制的字数超过127个，CNC将显示操作出错信息“超出了输入缓冲器容量”。

输入缓冲区的复制和移动操作和粘贴板复制、移动操作类似，但在执行第5）步操作、按软功能键〖复制〗或〖剪切〗后，CNC将显示图7.3-9所示的软功能键。如选择〖键入BUF〗，所选定的程序段将被复制到输入缓冲区，并在输入缓冲区内修改；如果选择〖拷贝

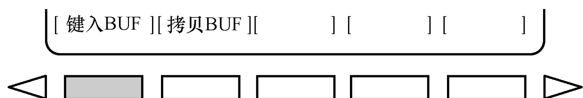


图 7.3-9 输入缓冲区复制软功能键

BUF〗，则执行粘贴板复制操作。

5. 程序整理

程序整理是一种程序管理操作，通过程序整理，可使得加工程序在 CNC 存储器中的存储规范有序，提高存储器利用率。程序整理只能对 CNC 存储器内的加工程序进行，其操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『EDIT』键，选择程序编辑方式。

2）MDI 面板的功能键【PRG】显示程序。

3）按软功能键〖一览〗显示加工程序一览表。

4）利用地址【O】和数字键，输入需要整理的程序号；如果 CNC 参数 PRM8131.4 设定为“1”，CNC 数据保护有效，则利用光标移动键【↑】或【↓】选定程序号。

5）按软功能键〖整理程序〗（或〖条件〗），CNC 即对选定的程序进行整理操作。

7.3.4　用户宏程序编辑

1. 宏程序编辑使能

程序编辑操作同样可用于用户宏程序（以下简称宏程序）编辑，但是，由于宏程序 O9000 ~ O9999 除了具有普通加工程序同样的保护功能外，还可通过 CNC 参数设定密码保护功能，因此，在进行宏程序编辑前，需要输入密码，使能宏程序编辑功能。

宏程序的密码保护可通过设定 CNC 参数 PRM3202.4 为“1”生效，被保护的宏程序范围为 O9000 ~ O9999，宏程序密码设定在 CNC 参数 PRM3210 中（PASSWD，密码），宏程序编辑时，必须在 CNC 参数 PRM3211 上（KEYWD，关键字）输入与参数 PRM3210 相同的值后，才能进行编辑。宏程序密码保护、编辑使能的操作步骤如下：

1）按机床操作面板的『MDI』键，选择 MDI 方式。

2）利用第 8 章所述的 CNC 参数设定操作，将图 7.3-10 所示的 CNC 设定参数中的“写参数”保护位设定为“1”，取消参数写入保护功能，此时 CNC 将显示报警 SW0100，这一报警不影响后述操作。

3）如果 CNC 未设定宏程序保护密码，CNC 参数 PRM3210 将显示“0”，此时，可以在该参数上输入保护密码，进行宏程序编辑保护。如保护密码已被设定，则需要在 CNC 参数 PRM3211 上输入和参数 PRM3210 设定相同的值后，取消宏程序 O9000 ~ O9999 的密码保护功能。

4）宏程序编辑使能后，可将 CNC 参数 PRM3202.4 设定为“0”，使得宏程序编辑成为允许状态。

5）利用第 8 章所述的 CNC



图 7.3-10　参数写入保护的取消

参数设定操作，重新将图 7.3-10 所示的 CNC 设定参数中的“写参数”保护位设定为“0”，恢复 CNC 参数写入保护功能，并按 MDI 面板的【RESET】键取消 CNC 的报警 SW0100 后，便可进入宏程序 O9000 ~ O9999 的编辑。

2. 宏程序编辑要点

由于宏程序使用的编程语言不同于普通加工程序，因此，在进行程序编辑时，需要注意以下不同：

1）宏程序编辑同样可以用于存储器卡上保存的程序，但是，存储器卡上的宏程序不能进行上述的密码设定、保护操作；也不能对存储器卡上的宏程序进行程序创建（输入）、删除、复制、整理操作。

2）宏程序的编辑需要以“编辑单元”为单位，进行插入、替换和删除，调整光标可以定位到编辑单元的第 1 个字符上。例如，对于如下宏程序，带下划线的字符就是光标定位的位置，而后续无下划线的字符则属于前一带下划线字符的编辑单元。

```
N001 X-#100 ;
#1 =123 ;
N002 / 2 X［12/#3］ ;
N003 X-SQRT［#3/3*［#4+1］］ ;
N004 X-#2 Z#1 ;
N005 #5 =1+2-#10 ;
IF［#1NE0］ GOTO10 ;
WHILE［#2LE5］ DO1 ;
#［200+#2］ =#2*10 ;
#2 =#2+1 ;
END1 ;
```

3）进行宏程序指令（宏指令）插入、替换操作时，可以通过表 7.3-1 所示的两个或两个以上的首字母来代替宏指令，例如，输入“WH［AB［#2］LE RO［#3］］”相当于输入了指令“WHILE［ABS［#2］LE ROUND［#3］］”。但是，由于字符 PO 已经被定义为宏指令 POPEN 的替代符，故宏指令 POW 不能用 PO 来代替。

表 7.3-1 宏指令的替代字符

宏指令	WHILE	GOTO	XOR	AND	SIN	ASIN	COS	ACOS
替代符	WH	GO	XO	AN	SI	AS	CO	AC
宏指令	TAN	ATAN	SQRT	ABS	BCD	BIN	FIX	FUP
替代符	TA	AT	SQ	AB	BC	BI	FI	FU
宏指令	ROUND	END	POPEN	BPRNT	DPRNT	PCLOS	EXP	THEN
替代符	RO	EN	PO	BP	DP	PC	EX	TH



第8章 数据显示和设定

8.1 位置显示与设定

在 CNC 位置显示模式下，操作者可通过软功能键的选择，监控机床在机床坐标系及工件坐标系中的位置、自动运行时的剩余行程、坐标轴的实际移动速度、加工零件数、实际运行时间等数据，此外，还能够进行坐标轴绝对位置、相对位置的设定。

CNC 的位置显示模式可通过按 MDI 面板的功能键【POS】选择，在此基础上，可利用表 8.1-1 所示的软功能键，进行显示切换和相关的设定操作。

表 8.1-1 位置显示和设定操作一览表

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作
	英文	中文(8.4in)		
1-1	〖ABS〗	〖绝对值〗	绝对位置显示	1)工件坐标系绝对位置、加工零件数和运行时间、实际移动速度显示 2)绝对位置的手动设定
1-2	〖REL〗	〖相对〗	相对位置显示	1)坐标轴相对位置、加工零件数和运行时间、实际移动速度显示 2)相对位置的手动设定
1-3	〖ALL〗	〖全部〗	位置综合显示	1)综合位置显示、加工零件数和运行时间、实际移动速度显示 2)相对位置的手动设定
1-4	〖HNDL〗	〖手动〗	手轮中断操作	1)手轮中断位置显示 2)手轮中断偏移显示与设定
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	操作软功能键显示
2-1	〖MONI〗	〖监控〗	负载、转速表	伺服轴负载表、主轴负载表和转速表显示

由于 CNC 功能、LCD 显示器规格和显示语言的不同，同一页面可显示的数据及软功能键有所区别，例如，有的机床只有 3 个坐标轴、8.4in LCD 只能显示 10.4in 的部分内容、英文显示时软功能键〖绝对值〗为〖ABS〗等。为了便于读者全面了解，除非特殊说明，本章后述的内容中，原则上以 5 轴、10.4in、中文显示为例进行介绍，软功能键的英文显示及在 8.4inLCD 上的显示在“显示和操作一览表”中列出，对此不再进行一一说明。

8.1.1 位置和速度显示

1. 绝对位置显示与设定

通过 MDI 面板的功能键【POS】选择位置显示后，如按软功能键〖绝对值〗，LCD 将显示图 8.1-1 所示的位置显示页面。



图 8.1-1 绝对位置显示页面

绝对位置是各坐标轴在工件坐标系上的理论位置，它不考虑坐标轴的位置跟随误差。在 FS-0iMD 上，通过 CNC 参数 PRM3104.6、PRM3104.7 的设定，可选择绝对位置是否包括刀具长度、刀具半径补偿值；在 FS-0iTD 上，则可通过 CNC 参数 PRM3129.1、PRM3104.7 的设定，选择实际位置是否包括刀具位置偏置、刀尖半径补偿值。

选择绝对位置显示时，选择软功能键〖(操作)〗，可进行工件坐标系的手动设定。手动设定操作可以在 CNC 复位或自动运行停止时进行，它与 CNC 的操作方式无关。工件坐标系手动设定的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【POS】、选择软功能键〖绝对值〗，显示绝对位置。

2）按软功能键〖(操作)〗，显示图 8.1-2 所示绝对位置预置软功能键。



图 8.1-2 绝对位置预置软功能键

3）按软功能键〖W 预置〗，显示图 8.1-3 所示工件坐标系手动设定软功能键。



图 8.1-3 工件坐标系手动设定软功能键

4）通过 MDI 面板输入坐标值（如 X0 或 Y0 等），按软功能键〖执行〗，指定坐标轴的绝对位置显示被强制设定为 0，当前位置即成为新的工件坐标系原点。如需要对所有坐标轴进行一次性设定，可直接按软功能键〖所有轴〗，进行全部坐标轴的工件坐标系设定。上述操作与程序指令 G92.1 的功能相同。

绝对位置也可通过手动回参考点操作自动设定，或通过工件坐标系设定指令 G92（或 G50）在执行程序时设定，如 CNC 参数 PRM3104.3 设定为“1”，在设定绝对位置的同时，还可将相对位置设定为和绝对位置相同的值。

2. 相对位置显示与设定

通过 MDI 面板的功能键【POS】选择位置显示后，如按软功能键〖相对〗，LCD 将显示图 8.1-4 所示的位置显示页面。



图 8.1-4　相对位置显示页面

相对位置是以机床开机位置作为零点的位置显示值。相对位置可通过如下操作，进行手动强制设定。

1）按 MDI 面板的功能键【POS】、选择软功能键〖相对〗，显示相对位置。

2）按软功能键〖(操作)〗，显示图 8.1-5 所示相对位置预置软功能键。



图 8.1-5　相对位置预置软功能键

3）通过 MDI 面板输入坐标轴地址、需要设定的坐标值后，按软功能键〖预置〗，则指定坐标轴的相对位置被强制设定为输入值。

在 FS-0iMD 上，可通过 CNC 参数 PRM3104.4、PRM3104.5 的设定，选择所设定的相对位置是否包括刀具长度、刀具半径补偿值；在 FS-0iTD 上，则可通过 CNC 参数 PRM3129.0、PRM3104.6 的设定，选择相对位置是否包括刀具位置偏置、刀尖半径补偿值。

如需要将相对位置值直接设定为“0”，还可选择下述简单操作实现。

4）按软功能键〖起源〗，显示图 8.1-6 所示的相对位置清除软功能键。

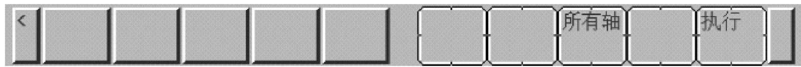


图 8.1-6　相对位置清除软功能键

5）按软功能键〖所有轴〗，全部坐标轴的相对位置显示值均被强制设定为“0”；如用 MDI 面板输入坐标轴名称（如 X 等）后，按软功能键〖执行〗，则指定轴的相对位置显示被强制设定为“0”。

如 CNC 参数 PRM3104.3 设定为“1”，相对位置可在执行手动回参考点操作或 G92（或 G50）工件坐标系设定指令时，自动设定为和绝对位置相同的值。

3. 位置综合显示

通过 MDI 面板的功能键【POS】选择位置显示后，按软功能键〖全部〗，LCD 将显示图 8.1-7 所示的位置综合显示页面。



图 8.1-7 位置综合显示页面

位置综合显示页面包括了相对位置、绝对位置、机床坐标系位置及自动运行时的剩余移动量等多项显示。在位置综合显示页面，同样可通过选择软功能键〖(操作)〗，进行坐标轴的相对位置值的手动强制设定，其操作步骤与相对位置显示相同。

4. 移动速度显示

如 CNC 参数 PRM3105.0 设定为“1”，可在所有的位置显示方式下，在显示坐标轴位置的同时，显示坐标轴的实际移动速度，移动速度的显示如图 8.1-1、图 8.1-4 和图 8.1-7 所示。

实际移动速度是刀具相对于机床的运动速度，它是各坐标轴运动的合成。对于回转运动的坐标轴，速度显示的单位规定为每分度（deg/min）；对于直线运动轴的坐标轴，移动速度的单位可通过 CNC 参数 PRM3107.3、PRM3191.5 的设定，选择每分毫米（mm/min）或每转毫米（mm/r，中文显示 mm/回），速度单位和 CNC 参数设定的关系如表 8.1-2 所示。

当直线轴的速度显示单位选择 mm/r 时，速度显示的单位规定为 0.01mm/r；速度显示单位选择 mm/min 时，显示单位可通过 CNC 参数 PRM3135 的设定选择，设定 PRM3135 为“0”时，显示单位为 1mm/min，设定 PRM3135 为 1 或 2、3 时，显示单位分别为 0.1mm/min 或 0.01mm/min 、0.001mm/min。

表 8.1-2　速度显示单位设定表

参数设定		运动状态	生效的模态 G 代码	显示单位
PRM3107.3	PRM3191.5			
0	无关	无关	无关	mm/min
1	0	手动、快速、空运行	无关	mm/min
		自动运行	FS-0iMD：G93/G94 FS-0iTD：G93/G94 或 G98	mm/min
			FS-0iMD：G95 FS-0iTD：G95 或 G99	mm/r
1	1	无关	无关	mm/r

8.1.2　时间、计数和负载表显示

1. 工件计数和加工时间显示

在所有的位置显示方式都可以显示加工时间和工件计数。加工时间和工件计数的显示可参见图 8.1-1、图 8.1-4 和图 8.1-7。

工件计数实际上是自动运行加工程序的次数。如 CNC 参数 PRM6700.0 设定为“0”，执行程序结束指令 M02/M30 或 CNC 参数 PRM6710 设定的 M 代码，工件计数（PART COUNT）将自动加“1”；如 CNC 参数 PRM6700.0 设定为“1”，则只有在执行 CNC 参数 PRM6710 设定的 M 代码时，加工零件数才能自动加“1”。工件计数值不能在显示页面设定，它只能通过修改 CNC 参数 PRM6711 的方法设定。

加工时间显示包括运行时间和循环时间两部分。运行时间（RUN TIME）显示的是 CNC 自动运行的累积时间，它不包括运行时的中间停止和进给保持时间，运行时间同样不能在显示页面上设定，它只能通过修改 CNC 参数 PRM6751、PRM6752 的方法设定。循环时间（CYCLE TIME）是 CNC 执行一次自动循环的时间，同样不包括运行时的中间停止和进给保持的时间，循环时间可通过 CNC 复位或关机操作置 0。

2. 负载表显示

通过 MDI 面板的功能键【POS】选择位置显示后，可在软功能键扩展菜单上，选择软功能键〖监控〗，显示图 8.1-8 所示的负载显示页面。负载显示模拟了传统的指针式仪表，显示内容包括伺服负载、主轴负载、主轴转速三部分。

（1）伺服负载表

伺服负载表可显示 CNC 所有伺服进给轴的负载情况，最大显示为 200%，当伺服电机输出电流为 CNC 参数 PRM2086 设定的额定电流时，其显示值为 100%。在 10.4inLCD 上，一个页面可同时显示的伺服负载表最多为 5 轴，第 6 轴后的负载表显示可通过再次按〖监控〗键获得。在 8.4in LCD 上，如 CNC 参数 PRM11350.4 设定为“1”，一个页面可同时显示 5 轴伺服负载表，如 PRM11350.4 设定为“0”，则只能显示 4 轴；其他轴的显示需要通过再次按〖监控〗键获得。

（2）主轴负载表

主轴负载表只能显示第 1 串行主轴的负载情况，显示值 100% 对应主轴额定输出电流，可通过 CNC 串行主轴参数 PRM4127 的设定，使最大显示为 200%。

（3）主轴转速表

主轴转速表通过 CNC 参数 PRM3111.6 的设定，选择主轴转速表显示为主电动机转速（PRM3111.6 = 0）或主轴转速（PRM3111.6 = 1），转速表的最大显示为100%，对应最高转速。当转速表的显示为主轴转速时，转速值将根据主电动机转速、CNC 的传动比设定参数 PRM3741～3744，通过理论计算后得到，因此，即使机床没有安装专门的主轴编码器，主轴转速也能显示。

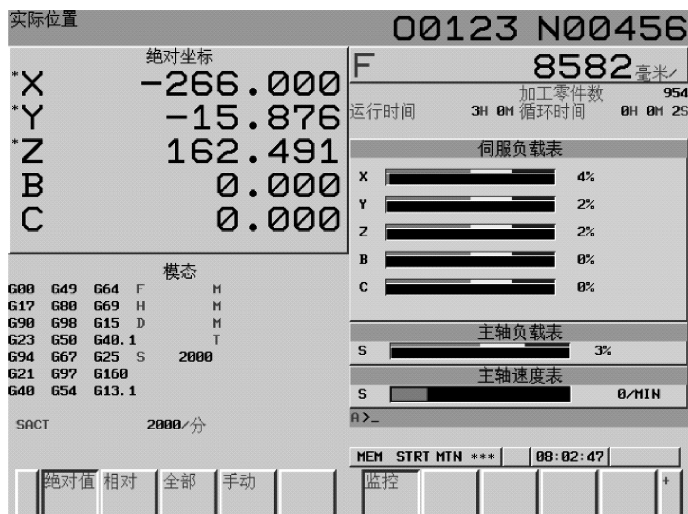


图 8.1-8 负载显示页面

3. 负载表显示设定

在使用8.4in LCD 的 CNC 上，如 CNC 参数 PRM3117.0 设定为“1”，可通过选择〖监控〗软功能键，在程序显示模式、程序检查页面上，显示图 8.1-9 所示的主轴负载和转速表；按软功能键〖残移动〗，则可切换到常规的剩余移动量和模态 G 代码显示。

在使用10.4in LCD 的 FS-0iTD 上，如 CNC 参数 PRM3192.7 设定为“1”，可在程序综合显示页面上显示图 8.1-10 所示的负载表，通过按软功能键〖监控〗，可进行伺服负载表、



图 8.1-9 程序检查页面的负载显示

主轴负载表的切换。在多主轴控制的 FS-0iTD 上，主轴负载表上的主轴名称可通过 CNC 参数 PRM13140、PRM13141 进行设定。

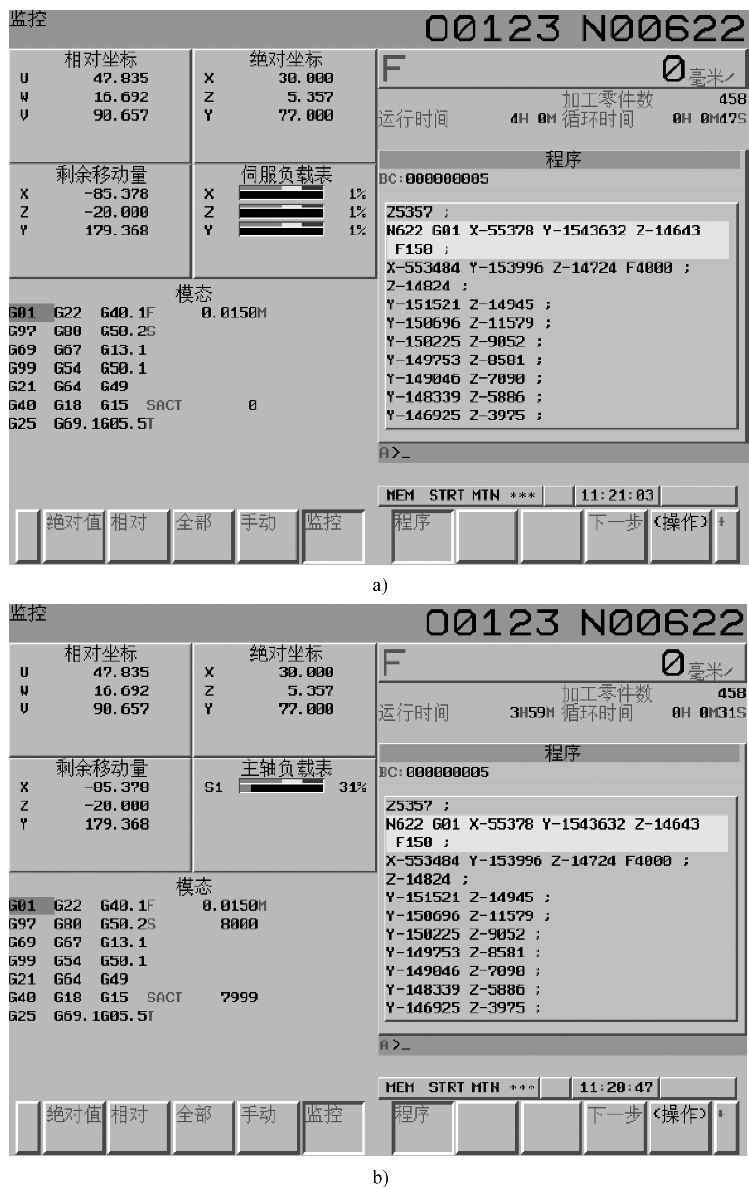


图 8.1-10　FS-0iTD 的负载显示
a）伺服负载显示　b）主轴负载显示

8.1.3　手轮中断与取消

1. 功能说明

手轮中断是在自动运行时叠加手轮操作的功能，它可通过机床操作面板上的特殊按钮选择，FANUC 标准机床操作面板无此按钮。

手轮中断功能一旦选定，可在 MDI/MEM/RMT 自动运行时，对指定坐标轴叠加手轮运动，手轮操作所产生速度、位置将叠加到自动运行上，从而使得后续的编程轨迹产生图 8.1-11 所示的整体平移。如果手轮的旋转方向与程序指定的运动方向不同，还可使坐标轴作反向运动。手轮中断功能在机床锁住、坐标轴互锁、镜像加工时无效。

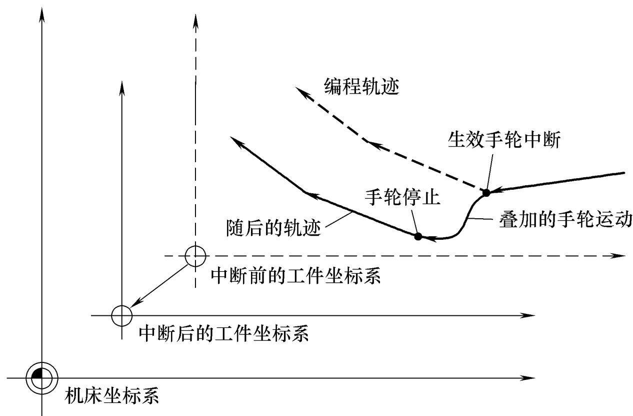


图 8.1-11 手轮中断操作

手轮叠加运动将导致程序中的工件坐标系、局部坐标系产生整体平移，但不能改变 CNC 的工件坐标的零点设定，当取消手轮中断操作后，程序将重新返回原来的工件坐标系。手轮中断也不能改变机床参考点的位置，因此，如果在手轮叠加后执行 G28 指令，可以改变 G28 指令的中间点，但不能改变指令的终点位置。此外，由于参考点不变，故手轮叠加操作也不能改变机床坐标系的原点，即程序中 G53 指令的定位点不会因手轮叠加操作而发生变化，手轮叠加后的 G53 定位运动如图 8.1-12 所示。

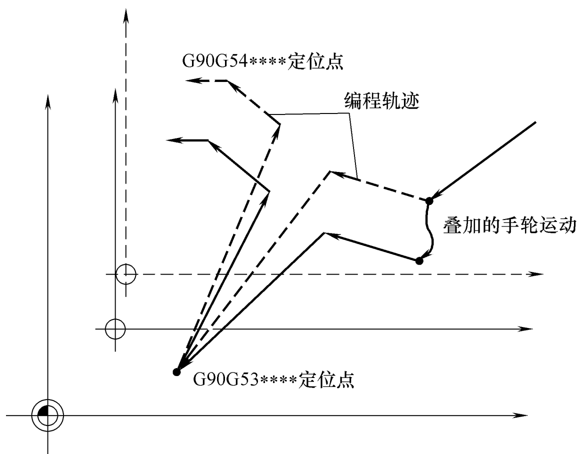


图 8.1-12 G53 定位的运动轨迹

通过如下操作，可取消手轮叠加运动所产生的工件坐标系偏移：

1）执行手动回参考点、工件坐标系预置、无挡块回参考点的参考点设定操作。

2）当 CNC 参数 PRM7103.1 设定为“1”时，进行 CNC 复位或急停操作。

3）执行下述的手轮中断取消操作。

2. 偏移显示及取消

通过 MDI 面板的功能键【POS】选择位置显示后，按软功能键〖手动〗，可显示图 8.1-13所示的手轮中断偏移显示页面。

图中的输入单位、输出单位栏是以 CNC 最小设定单位、最小移动单位为显示单位的手

轮叠加运动距离。手轮叠加运动距离在图 8.1-4、图 8.1-7 的“机械坐标”栏显示，但绝对位置、相对位置的显示值不会变化，因此，图 8.1-13 中的相对坐标、剩余移动量的显示与正常显示一致。

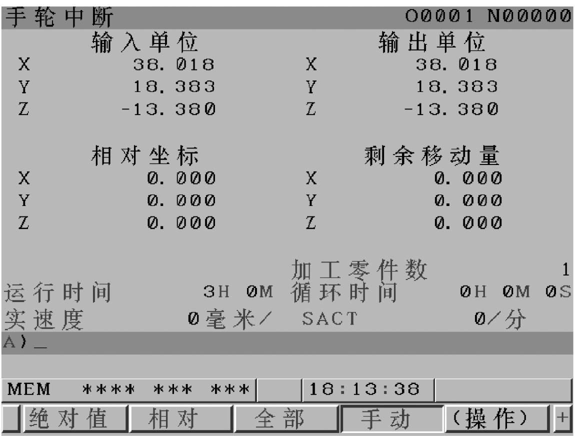


图 8.1-13　手轮中断显示页面

当 CNC 参数 PRM7100.3 设定为“1”时，进行如下的手轮中断显示设定操作，可将手轮中断位置显示值设定为“0”，以取消手轮叠加操作所产生的工件坐标系偏移：

1）按 MDI 面板的功能键【POS】，并选择软功能键〖手动〗，显示手轮中断偏移位置。

2）按软功能键〖(操作)〗，显示图 8.1-14 所示手轮中断位置设定软功能键。



图 8.1-14　手轮中断位置设定软功能键

3）按软功能键〖取消〗，显示图 8.1-15 所示的坐标轴选择软功能键。



图 8.1-15　坐标轴选择软功能键

4）按软功能键〖所有轴〗，可将所有坐标轴的手轮叠加偏移的显示清 0。如通过 MDI 面板输入坐标轴名称后，按软功能键〖取消〗；或在按〖取消〗后，输入轴名称，再按〖执行〗键，则可取消指定轴的手轮叠加偏移。

8.2　程序显示与设定

在 CNC 程序显示模式下，操作者可通过软功能键选择程序编辑、程序检查等显示页面。程序显示模式可通过操作 MDI 面板的功能键【PRG】选择，利用软功能键，可进行表 8.2-1 中的显示切换和相关操作。不同的 CNC 操作方式，对程序编辑、检查的要求有所不同，因此，所显示的软功能键的数量和功能也有所区别。

8.2.1　基本显示

1. 程序显示

通过 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，如按软功能键〖程序〗，LCD 可根据 CNC 的不同操作方式和运行状态，显示对应的程序页面和进行相关操作。

表 8.2-1　程序显示和设定操作一览表

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作说明
	英文	中文(8.4in)		
1-1	〖PROGRM〗	〖程序〗	加工程序	1)在 EDIT/TJOG/THND、MEM 操作方式下,可以进行程序编辑操作 3)在 MDI 方式下,可进行 MDI 程序输入 4)在 MEM/RMT 自动运行时,可显示当前执行中的程序
1-2	—	—	—	JOG/INC/HND/REF 方式该软功能键无显示
	〖DIR〗	〖一览〗	程序一览表	1)在 EDIT/TJOG/THND 编辑方式下,可显示程序一览表 2)可进行程序存储设备选择,如存储器卡 DNC 程序编辑、运行等
	〖MDI〗	〖MDI〗	MDI 输入	在 MDI 方式下,可显示 MDI 程序输入页面
	〖CHECK〗	〖检测〗	程序检查	使用 8.4in LCD 的 CNC,在 MEM/RMT/MDI 自动运行时,可显示程序综合显示页面
1-3	—	—	—	EDIT/TJOG/THND 方式该软功能键无显示
	〖CURRENT〗	〖现在段〗	当前执行段	使用 8.4in LCD 的 CNC,在 MEM/RMT/MDI 自动运行时,可显示当前执行段信息
1-4	〖NEXT〗	〖下一步〗	下一程序段	在 MEM/RMT/MDI 自动运行时,显示下一程序段信息
	〖C. A. P〗	〖对话型〗	对话型编程	在 EDIT/TJOG/THND 方式下显示对话型编程或 0i 引导编程页面
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键
2-1	〖RESTART〗	〖再开〗	重新启动	在 MDI、MEM/RMT 方式下,可显示程序重新启动信息
	—	—	—	EDIT/TJOG/THND 方式该软功能键无显示
2-2	〖DIR〗	〖一览〗	程序一览表	在 JOG/INC/HND/REF、MDI、MEM/RMT 方式下显示程序一览表,作用同上 1-2
	—	—	—	EDIT/TJOG/THND 方式该软功能键无显示
2-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	在 JOG/INC/HND/REF、MDI、MEM/RMT 方式下显示操作软功能键
	—	—	—	EDIT/TJOG/THND 方式该软功能键无显示

1）程序编辑方式：当 CNC 选择程序编辑（EDIT）、示教编辑（TJOG、THND）操作方式时，按软功能键〖程序〗，可显示加工程序编辑页面，在程序编辑页面可进行程序的输入、检索、编辑等操作；如 CNC 选择了 MEM 操作方式、且程序不在运行中，同样可显示加工程序编辑页面，并进行程序检索、输入、编辑等相关操作。加工程序编辑的方法可参见第 7 章 7.3 节。

2）手动操作方式：当 CNC 选择手动操作 JOG、INC、HND 或 REF 方式时，按软功能键〖程序〗，可显示程序编辑页面，但不能进行加工程序的输入和编辑。

3）MDI 操作方式：如 CNC 选择了 MDI 操作方式，选择软功能键〖程序〗、再按〖MDI〗，可显示图 8.2-1 所示的 MDI 程序输入页面，并进行加工程序的输入与编辑。



图 8.2-1　MDI 程序输入显示

4）自动运行：如果 CNC 处于自动运行状态，选择软功能键〖程序〗，可显示图 8.2-2 所示的、当前执行中的加工程序，光标将指示正在执行的程序段，在此基础上，可通过选择软功能键〖下一步〗，显示下一程序段的详细信息。

在使用 10.4in LCD 的 CNC 上，选择软功能键〖程序〗后，如再次按〖程序〗，可显示图 8.2-3 所示的程序综合显示页面。在 FS-0iTD 上，如 CNC 参数 PRM3192.7 设定为“1”，还可在该页面上显示负载表，有关内容可参见 8.1.2 节。

在使用 8.4in LCD 的 CNC 上，程序综合显示页面需利用软功能键〖检测〗进行显示，具体见后述。

2. 程序一览表

通过 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，如选择软功能键〖一览〗，LCD 可显示加工程序一览表。在 JOG/INC/HND/REF、MDI、MEM/RMT 方式下，软功能键〖一览〗需要在软功能键扩展菜单上显示。

程序一览表的显示内容包括已存在的程序数量、存储器容量及尚可使用的程序数量、存储器容量，现有的程序号（包括注释）及更新时间等基本数据。

在程序一览表显示时，通过按软功能键〖（操作）〗，在扩展菜单上显示图 8.2-4 所示的软功能键〖设备选择〗（或〖设备〗），并进行程序的存储设备选择、取消程序的编辑保护功能、进行存储器整理等操作，以便对存储器卡上的程序进行编辑，其操作方法和步骤可参见第 7 章 7.3 节。

8.2.2　程序检查和对话编程

1. 下一程序段显示

当 CNC 处于自动运行状态时，通过 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，再按

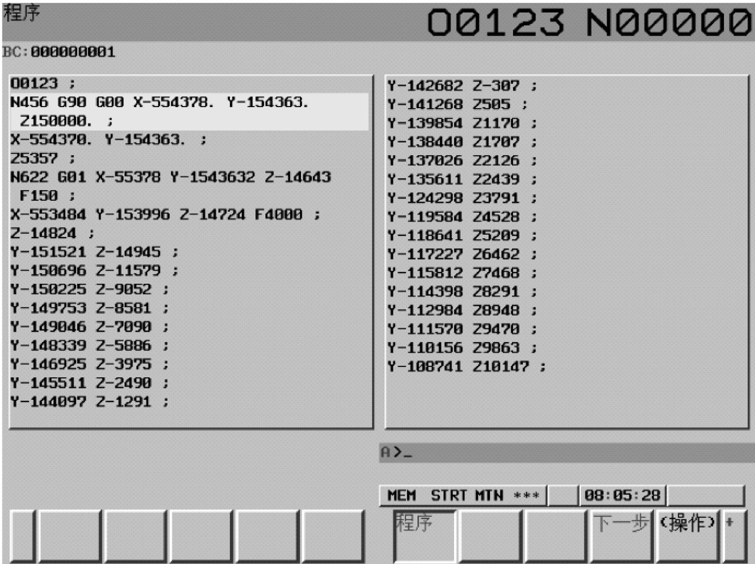


图 8.2-2　自动运行时的程序显示

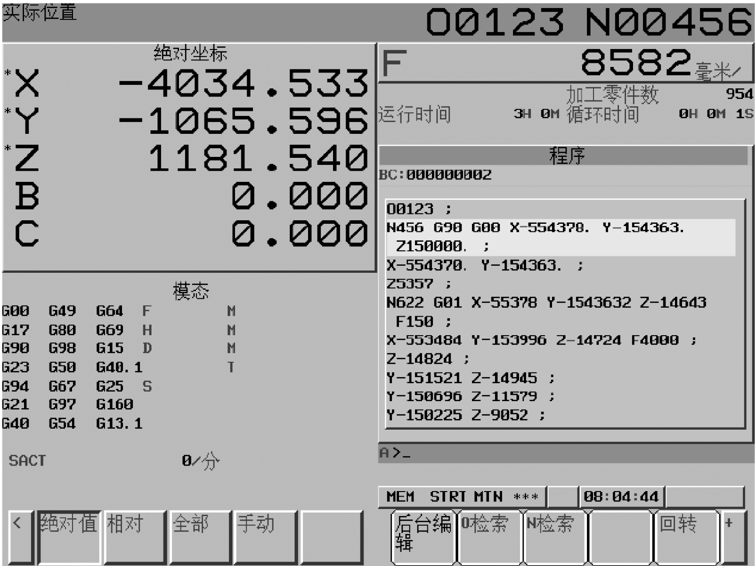


图 8.2-3　10.4in LCD 的程序综合显示

软功能键〖下一步〗，LCD 可显示图 8.2-5 所示的下一程序段执行信息。

下一程序段执行信息的显示内容包括当前有效及下一程序段有效的模态 G、M、S、F 代码，当前执行段的 G 代码和坐标轴指令位置，下一程序段的指令位置等信息。在 10.4in LCD 上，还可显示坐标轴位置、加工零件数、运行时间、循环时间等位置显示页面的信息和软功能键，并通过软功能键〖绝对〗、〖相对〗、〖全部〗切换坐标轴位置显示方式。

2. 当前程序段显示

在 8.4in LCD 上，当 CNC 处于自动运行时，利用 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序



图 8.2-4　程序一览表显示



图 8.2-5　下一程序段显示

显示后，还可通过软功能键〖现在段〗，显示图 8.2-6 所示的当前程序段执行信息。

当前程序段的显示内容包括当前执行段的 G 代码、当前有效的模态 G、M、S、F 代码，当前程序段的坐标轴指令位置等基本信息。

3. 程序检查

当 CNC 处于自动运行时，通过 MDI 面板的功能键【PRG】及软功能键〖程序〗，可选择程序显示页面。但是，在使用 8.4in LCD 的 CNC，不能像 10.4in LCD 那样，通过再次按软功能键〖程序〗选择程序综合显示页面，它需要通过软功能键〖检测〗，显示图 8.2-7 所示的程序综合显示页面。

8.4in LCD 的程序综合显示页面的显示内容包括当前执行的程序段、将要执行的程序段（最多 4 段）以及坐标轴位置、剩余移动量，当前有效的模态 G 代码（最多 12 个）和模态

M、S、F 代码，实际移动速度等基本信息，通过软功能键〖相对〗、〖绝对〗，可选择坐标轴的位置显示形式。

当 CNC 参数 PRM3117.0 设定为“1”时，使用 8.4in LCD 的 CNC 也可在程序检查页面显示主轴负载和主轴速度表，此时，显示页中的剩余移动量和模态 G 代码显示区将显示主轴负载表和速度表。如需要将其切换为剩余移动量和模态 G 代码显示，可在位置显示模式下，按〖监控〗、并选择〖残移动〗软功能键，有关内容参见 8.1.2 节。



图 8.2-6　8.4in LCD 的当前程序段显示



图 8.2-7　8.4in LCD 的当前程序段显示

4. 对话编程显示

在 EDIT/TJOG/THND 编辑操作方式下，通过 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，按软功能键〖对话型〗，可显示图 8.2-8 所示的 G 代码指令提示页面。操作者可以根据提示，选择需要的 G 代码。

如果需要进一步显示 G 代码的详细说明，可按软功能键〖段〗，LCD 将显示图 8.2-9 所示的 G 代码的指令输入页面和轨迹示意。操作者可直接在相应的地址下，输入该 G 代码指令所需的程序数据。如果需要，按软功能键〖G. 菜单〗，可以返回图 8.2-8 的 G 代码输入指令提示页面。



图 8.2-8　G 代码指令提示显示



图 8.2-9　G 代码指令输入显示

对话编程生成的程序同样可以利用程序编辑功能，进行修改、替换、删除、复制等操作，有关对话编程的更多内容，可以参见第 6 章、6.1 节。

8.2.3　后台编辑和 2 通道编辑

1. 后台编辑

为了能使程序编辑和自动加工同步进行，FS-0iD 可通过后台编辑功能，在 CNC 自动执行一个程序的同时，在 LCD 上显示另一程序的编辑页面，并对其进行输入、编辑、检查等操作。后台编辑的对象可以为 CNC 存储器或存储器卡，但正在运行的程序只能进行检查，而不能进行后台输入、编辑等操作，否则 CNC 将产生 PS0075 报警。

后台编辑可在 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，从〖程序〗、〖一览〗、〖MDI〗、〖检测〗、〖现在段〗、〖下一段〗、〖再开〗等显示页面，通过按〖(操作)〗软功能键进入，其操作步骤如下：

1）在 CNC 的程序显示页面，选择上述能够进入后台编辑的显示页面，如〖程序〗、〖一览〗等。

2）按软功能键〖(操作)〗后，按〖后台编辑〗（英文为〖BG-EDT〗）软功能键，LCD 显示图 8.2-10 所示的后台编辑操作软功能键。



图 8.2-10　后台编辑操作软功能键显示

3）利用 MDI 面板的地址【O】和数字键，输入需要进行后台编辑的程序号。

4）如按软功能键〖编辑执行〗（或〖编辑〗），即可显示图 8.2-11 所示的程序编辑页面。如果所选择的程序不存在，则直接显示程序创建页面。处于后台编辑状态的程序，在编辑页面的程序号后显示“BG：编辑”标记，这样的程序可进行常规编辑一样的程序编辑操作。

如按软功能键〖参照执行〗（或〖参照〗），可显示指定程序的检查页面。参照程序的程序号后将显示“BG：只读”标记，它只能查看、但不能进行编辑操作。参照方式可查看正在运行的程序。

〖编辑执行〗和〖参照执行〗的转换，需要在后台编辑结束后进行，结束后台编辑的操作步骤如下：

1）在 CNC 的程序显示页面，选择软功能键〖程序〗或〖一览〗。

2）按软功能键〖（操作）〗，并选择软功能键〖后台结束〗。LCD 即可返回正常的程序显示页面。

CNC 当前有效存储器上的程序，可以直接进入后台编辑状态，对于其他存储器上的程序的后台编辑，则需要通过软功能键〖一览〗变更存储部位。例如，对存储器卡程序的后台编辑，可通过以下操作进行选择：

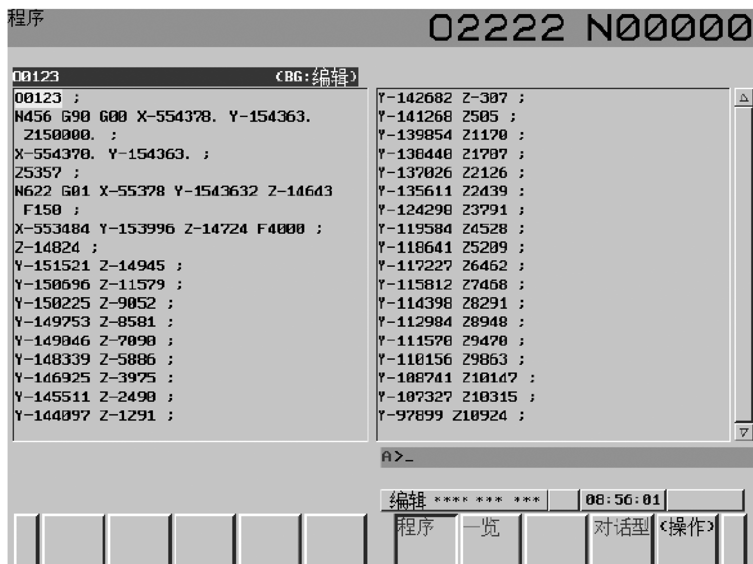


图 8.2-11　后台编辑显示

1）在 CNC 的程序显示页面，选择软功能键〖一览〗。

2）按软功能键〖(操作)〗，并通过扩展键，显示软功能键〖设备选择〗(或〖设备〗)。

3）按软功能键〖设备选择〗（或〖设备〗)，并选择软功能键〖存储卡〗，生效存储卡程序编辑功能。

4）将光标定位到需要后台编辑的程序号上。按软功能键〖后台编辑〗，并选择〖编辑执行〗或〖参照执行〗，使之成为后台编辑状态，并进行后台编辑操作。

2. 2 通道编程

具有 2 通道（FANUC 手册称 2 路径）控制功能的 CNC 上，可以在一个页面上同时显示 2 个通道的程序，并进行编辑。

在 CNC 选择 EDIT 操作方式时，2 通道程序可进行正常编辑。按 MDI 面板的功能键【PRG】选择程序显示后，选择软功能键〖程序〗，LCD 可显示图 8.2-12 所示的 2 通道程序显示页面。

程序编辑时，程序号显示行将显示前台编辑“FG. 编辑”标记，当前有效的编辑对象，其程序号呈蓝底白字的反色显示，编辑对象可通过 CNC 的通道选择信号切换。2 通道 CNC 在自动执行程序时，可通过标准 CNC 同样的操作，进入后台编辑操作，此时，其程序号显示行将显示后台编辑“BG. 编辑”或“BG. 只读”标记，编辑对象同样可利用 CNC 的通道选择信号切换。

如 CNC 参数 PRM3193. 2 设定为“0”、PRM3106. 0 设定为“1”时，2 个通道同时编辑功能将有效，这时，可同时进行两个通道程序的正常编辑或后台编辑。2 通道同时编辑有效时，2 个通道的后台编辑程序只能同时选择〖编辑执行〗或〖参照执行〗操作之一，结束后台编辑时，也需要同时结束。

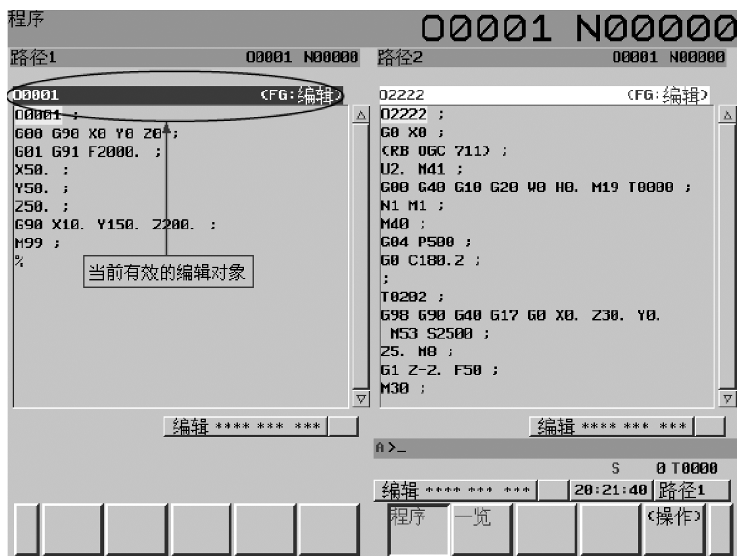


图 8. 2-12　CNC 的 2 通道程序编辑显示

8. 2. 4　程序重新启动

1. 基本说明

程序重新启动用于加工过程中因刀具破损等原因，引起程序中断后的启动，它可使得自动运行能够从指定的程序段上开始，避免重复加工。由于程序重新启动与 CNC 功能、机床生产厂家 PMC 程序设计等因素相关，为了保证机床能够按要求准确运动，使用时应详细阅读机床和 CNC 说明书，并按规定的操作步骤进行。

FS-0iD 的重新启动可通过面板操作，选择 P 型或 Q 型两种启动方式。在更换破损刀具、重新设定刀具补偿值后，P 型可直接进入重新启动运行；Q 型则需要重新执行回参考点、将刀具移动到程序开始位置、恢复模态代码和工件坐标系等操作。执行程序重新启动操作，需要注意以下基本问题：

1）如果在加工中断后，进行了 CNC 断电、急停或改变了工件坐标系的设定，就不能执行 P 型重新启动；此外，也不能对未经自动运行的程序，直接进行 P 型重新启动。

2）程序重新启动可从指定的程序开始，也可从指定程序段开始。对于后者，重新启动的程序段可以不是加工中断的程序段，但是，执行 P 型重新启动的程序段，其工件坐标系

必须与中断程序段相同。

3）刚性攻螺纹、Cs 轴运动、螺纹加工 G32/G33/G92/G76、多边形加工 G50.2、极坐标插补 G12.1 等特殊加工程序段不能使用重新启动功能。

2. 重新启动位置的指定

程序重新启动需要指定自动运行开始位置，这一位置成为重新启动开始位置，简称重新启动位置。根据程序的不同，重新启动位置可通过以下三种方法指定：

1）如程序重新启动位置带有程序段号 N ，且段号 N 在程序中没有重复使用，则可直接利用 MDI 面板、输入需要重新启动位置的程序段号。

2）如程序重新启动位置带有程序段号 N，但是，段号 N 在程序中被重复使用，则可以用“N + 序号 + 段号”的形式指定重新启动位置，此时，应以完整的 5 位数字来表示程序段号。例如，程序段号 N100 在程序中被重复使用，当需要从第 2 个 N100 重新启动时，应输入程序段号 N200100。

3）如程序重新启动位置无程序段号 N，则需要通过 MDI 面板，以“B + 程序段序号”的形式指定程序段。例如，对于如下程序，如果需要从程序段 T0202 开始重新启动，由于该段在程序中的序号为 12，因此，需要输入 B11 指定重新启动的程序段序号。

程序	程序段序号
O0020；	1
T0101；	2
S630 F150；	3
G50 X100.0 Z350.0；	4
G00 X21.0 Z292.0；	5
G01 X24.0 Z289.0；	6
Z230.0；	7
X31.0 Z170.0；	8
X45.0；	9
G00 X100.0 Z350.0 M05；	10
T0202；	11
S315 F100；	12
…	

程序段序号 B 的输入范围为 0 ~ 99999999。

指定程序段序号时需要注意，用户宏程序中的算术或逻辑运算程序段不能作为程序重新启动位置，这样的程序段不能作为独立的程序段计算段序号。例如，对于如下的程序，不能从程序段“#1 = 25.6”重新启动，因此，其程序段序号与上一段相同。

程序	程序段序号
O0021；	1
T01 M06；	2
S630 F150 M03；	3
G54 X − 200.0 Y − 200.0 Z − 350.0 M08；	4

```
#1 = 25.6;                                  4
#2 =50.0;                                   4
#3 = -200.0 + #2 * COS [#1];                4
#4 = -200.0 + #2 * SIN [#1];                4
G81 X#3 Y#4 Z -400.0 R -378.0;              5
…
```

3. 重新启动操作

程序段重新启动是从一个程序的中间程序段开始自动运行的操作，其步骤如下：

1）选择 MEM 方式、并用机床操作面板上的『RESTART』键生效重新启动信号。

2）按 MDI 面板的功能键【PRG】进入程序显示页面，并选定需要重新启动的程序。

3）按【RESET】键，将光标定位到程序起始位置。

4）利用 MDI 面板输入 N□□□或 B□□□，指定重新启动位置。

5）按软功能键〖P-TYPE〗（〖P 型〗）或〖Q-TYPE〗（〖Q 型〗），选定重新启动类型。CNC 执行程序段检索，并显示如图 8.2-13 所示的重新启动页面。

页面上“目的地”栏显示的是重新启动开始点的坐标位置；“剩余移动量”栏显示的是刀具从当前位置到重新启动开始点需要移动的距离，坐标轴地址 X、Y、Z 前的 1、2、3 用来指示坐标轴移动的次序，它可通过 CNC 参数 PRM7310 的设定改变。重新启动页面一次最多可显示 4 个坐标轴的移动目的地和剩余移动量，如需要，按软功能键〖再开〗，可显示第 5 轴以后的数据。

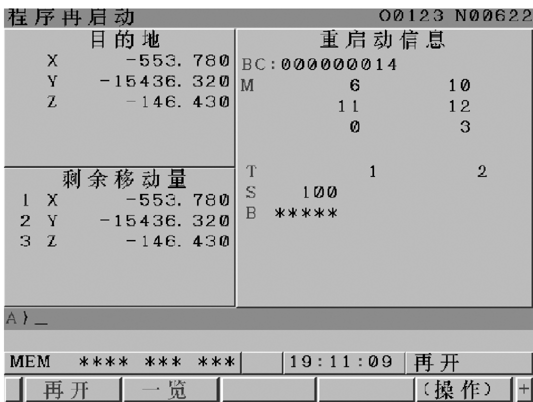


图 8.2-13　程序重新启动显示

在页面右侧重新启动信息栏上，显示的是程序检索得到的最后若干个辅助机能代码，代码次序按编程的次序依次显示。其中，M 代码在 10.4in LCD 上最大可以显示 30 个、8.4in LCD 上最大可以显示 6 个，例如，图 8.2-13 中为 M6、M10 … M3 等；T 代码可显示最后 2 个；而 S、B 代码则只能显示最后 1 个代码。

6）再次按机床操作面板上的『RESTART』键，断开重新启动信号。此时，剩余移动量显示栏、坐标轴地址前的移动次序指示闪烁显示。

7）对照图 8.2-13 所示的重新启动页面，检查机床是否存在需要执行的辅助机能代码，如果存在，需要选择 MDI 方式，输入相关辅助机能指令，完成辅助机能代码的执行；或者，利用下述的辅助功能输出设定，通过 PMC 程序自动执行辅助机能代码。

8）确认剩余移动量是否准确，如按照规定的次序运动可能引起刀具碰撞，则需要在手动操作方式下，将刀具移动到按次序运动不会产生碰撞的位置上。

9）按机床操作面板上的循环启动键『CYCLE START』，坐标轴将按规定的次序，依次运动到重新启动开始位置，然后，自动执行随后的程序段。

为了保证重新启动的正常进行，在检索完成、坐标轴运动之前，不能以 MDI 方式输入坐标轴运动指令；一般也不能对 CNC 进行复位、进给保持等操作，否则，应从头进行重新启动的全部操作。

4. 辅助机能的输出与设定

通过 CNC 参数 PRM7300.6、PRM7300.7 的设定，可以在刀具移动之前，将程序重新启动过程中所检索到的辅助机能代码 M、S、T、B，直接输出到 PMC 上，并通过 PMC 程序自动完成辅助功能的执行。参数的作用和设定方法如下。

PRM7300.7：辅助功能代码输出功能设定。设定“0”，程序重新启动时不输出辅助功能代码；设定“1”，程序重新启动过程中所检索到的辅助功能代码 M、S、T、B，可在刀具移动之前，自动输出到 PMC 上。

PRM7300.6：辅助功能代码输出方式设定。设定“0”，只输出重新启动过程中所检索到的最后一个辅助功能代码 M、S、T、B；设定“1”，输出重新启动过程中所检索到的全部辅助功能代码。本参数在 PRM7300.7 设定“1”时有效。

当参数 PRM7300.7 设定“1”时，如果执行正常的重新启动操作，由于辅助功能 M、S、T、B 的代码输出数量有所不同，因此，当 CNC 参数 PRM7300.6、PRM7300.7 均设定为“1”时，辅助功能代码的输出方式与实际程序可能不一致。例如，如果在程序重新启动过程中搜索到辅助功能代码 M10、M11、M12、T0101、S1000、B10，其输出次序将和执行以下程序相同，PMC 程序必须保证以上指令的准确、可靠执行。

T0101 S1000 B10 M10；
M11；
M12；

5. 辅助功能的超容量输入

如果在重新启动时，需要按实际程序的执行次序，输出辅助功能代码，需要使用超容量输入操作。例如，对于如下程序：

O0123；
N600 T1 M6；
N602 G00 X－452.0 Y－15000.0 S500 B50.0；
Z－250.0 M03；
M10；
⋮
M12；
T2 M6；
N620 G00 X－553.78 Y－15436.32 S100 B10.0；
N622 Z－250.0 M03；
…

如按程序重新启动的步骤，执行操作步骤 1）～5），在 PRM7300.7 ＝1 时，CNC 将显示图 8.2-14 所示的重新启动页面。由于程序检索只能输出最后 1 个 S、B 代码，因此，程序段 N602 中的 S500、B50.0 将被忽略。

为了能够按照程序中的编程次序，依次输出辅助功能代码，需要在程序重新启动操作步

骤1）～5）之后，接着进行如下操作：

6）按软功能键〖超容量〗，CNC将显示图8.2-15所示的超过正常容量的特殊辅助功能输入页面。

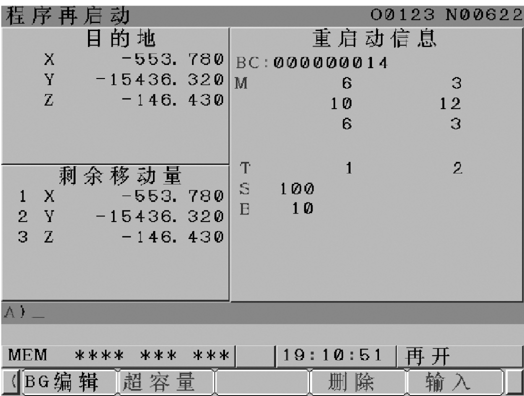


图8.2-14　重新启动的辅助功能输出显示



图8.2-15　辅助功能的超容量输入显示

7）在“超过程序容量”的输入栏，按照实际程序的要求，利用MDI面板，输入辅助功能指令。例如，可输入程序段N600的辅助机能代码T1 M6，或同时输入N600和N602的辅助功能代码T1 M6 S500 B50。如输入错误，可按软功能键〖删除〗，清除所输入的辅助功能代码。

8）按机床操作面板上的循环启动键『CYCLE START』，输入栏的辅助功能代码将被执行，输入栏的辅助功能代码被删除。

9）重复操作步骤7）、8）就可以按照实际程序的要求，逐一完成辅助功能的执行。

需要注意的是：刚性攻螺纹、主轴定位等M代码在CNC上有特定的含义，这样的M代码不能通过超容量输入操作执行。

超容量输入也可以在坐标轴移动过程中进行，在这种情况下，需要先按机床操作面板上的进给保持键『CYCLE STOP』，然后再按软功能键〖超容量〗，并进行超容量输入操作。超容量输入完成后，可再次按软功能键〖超容量〗，取消超容量输入方式，然后，按机床操作面板上的循环启动键『CYCLE START』，继续重新启动操作。

8.3　偏置/设定显示

CNC的偏置（OFFSET)/设定（SETTING）显示内容较多，在该模式下，操作者可通过软功能键的选择，显示或设定部分与操作、编程有关的CNC参数（称设定参数)，如操作语言、加工时间/工件计数、数据保护、输入/输出接口参数，程序段号自动插入、镜像加工、宏程序变量等；进行工件坐标系零点偏置的显示和设定；进行刀具偏置、刀具补偿数据和刀具寿命管理参数设定等；此外，在某些机床上，还可以进行软机床操作面板、机床生产厂家图形编程菜单等特殊显示和设定。

CNC的偏置/设定显示模式可通过操作MDI面板的功能键【OFS/SET】选择，通过不同的软功能键，可进行表8.3-1所示的显示切换，在部分显示方式还可进行相关的参数设定操作。

表 8.3-1　偏置/设定的显示和操作一览表

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作说明
	英文	中文(8.4in)		
1-1	〖OFFSET〗	〖刀偏〗	刀具偏置	刀具补偿(偏置)数据显示与设定
1-2	〖SETTING〗	〖设定〗	设定数据	CNC 设定数据显示与设定
1-3	〖WORK〗	〖工件坐标系〗	工件坐标系	工件坐标系显示与设定
1-4	—	—	—	—
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键
2-1	〖MACRO〗	〖宏程序〗	用户宏程序	用户宏程序显示与设定
2-2	〖MENU〗	〖菜单〗	设定数据输入	机床生产厂图形编程菜单显示与设定
2-3	〖OPR〗	〖操作〗	软操作面板	软机床操作面板控制键的显示与设定
2-4	〖TOOLLF〗	〖TL 寿命〗	刀具寿命管理	刀具寿命管理数据显示与设定
2-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键
3-1	〖OFST.2〗	〖刀偏.2〗	*Y* 轴刀偏	0iTD 刀具 Y 轴位置偏置数据显示与设定
3-2	〖W.SHFT〗	〖工件偏〗	工件偏移	0iTD 工件偏移数据的显示与设定
3-3	—	—	—	—
3-4	〖BARRIER〗	〖卡盘.尾架〗	卡盘、尾架保护	0iTD 卡盘、尾架保护区数据显示与设定
3-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键
4-1	—	—	—	—
4-2	〖RR-LEY〗	〖精度〗	精度等级调整	精度等级调整数据的显示与设定
4-3	—	—	—	—
4-4	—	—	—	—
4-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键
5-1	—	—	—	—
5-2	〖LANG.〗	〖语种〗	语言选择	LCD 显示语言选择
5-3	〖PROT.〗	〖保护〗	数据保护	数据保护的设定
5-4	〖GUARD〗	〖误操作〗	误操作保护	误操作保护的设定
5-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	不变	显示操作软功能键

8.3.1　设定参数显示与修改

1. 基本操作

通过 CNC 的偏置/设定显示页面，操作者可直接对部分与操作、编程、数据输入/输出接口选择有关的 CNC 参数进行显示和设定，由于这些参数可以直接通过设定页面输入，故又称设定参数。设定参数的显示和修改的基本操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能键〖设定〗，LCD 将显示 CNC 设定参数显示页面。CNC 设定参数显示有多页，可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，选择所需要的显示页面。

3）用 MDI 面板的光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到需要设定的参数输入框。

4）用 MDI 面板或操作软功能键，输入或修改参数设定值，并用【INPUT】或软功能键〖输入〗、增量输入键〖+输入〗输入。

FS-0iD 可在偏置/设定页面显示和修改的 CNC 设定参数如下。

2. 操作设定

FS-0iD 的操作（handy，FANUC 手册译为手持盒）设定页面，可对 CNC 的基本操作参数进行设定，操作设定有图 8.3-1 所示的两页。在图 8.3-1a 所示的第 1 页上，可进行如下参数的显示与设定：

1）写参数（PARAMETER WRITE）：设定“1”，可使能 CNC 参数的写入功能，允许修改全部 CNC 参数；设定“0”，禁止 CNC 参数的写入。

2）TV 检查（TV CHECK）：输入/输出接口的数据奇偶校验功能选择。设定“1”，奇偶校验功能有效；设定“0”，数据奇偶校验功能无效。

3）穿孔代码（PUNCH CODE）：数据输出代码格式选择。设定“1”为 ISO 代码；设定“0”为 EIA 代码。

4）输入单位（INPUT UNIT）：输入数据的基本单位选择。设定“1”为英制；设定“0”为公制。

5）I/O 通道（I/O CHANNEL）：数据输入/输出接口选择。FS-0iD 配置有 2 个 RS232C 串行接口、存储器卡接口、以太网接口等外部数据输入/输出接口，参数常用的设定为：“0”或“1”，RS232C 接口 1 生效；设定“2”，RS232C 接口 2 生效；设定“4”，存储器卡接口生效；设定“9”，以太网接口生效。

6）顺序号（SEQUENCE NO.）：程序输入时的程序段号 N 自动插入功能选择。设定“1”，自动生成程序段号 N；设定“0”，成功能无效，参见第 7 章 7.3 节。

7）纸带格式（TAPE FORMAT）：FANUC-10/11 系列数控系统（FS-10/11）兼容格式选择。设定“1”，兼容早期 FS-10/11 的子程序调用、固定循环等编程指令；设定“0”，使用最新的 FANUC 标准格式。

8）顺序号停止（SEQUENCE STOP）：程序核对时的单段停止程序段号，详见后述。

操作设定的第 2 页、图 8.3-1b 用于镜像加工功能和对称轴选择，当对应轴的镜像选择参数设定为“1”时，可直接生效以该坐标轴为对称轴的镜像加工功能。有关镜像加工的详细内容可参见第 4 章 4.1 节。

3. 顺序号停止功能

操作设定页的顺序号停止设定功能多用于程序核对，当图 8.3-1a 的顺序号停止的“程序号”栏输入了程序号 O、“顺序号”栏输入了程序段号 N 后，所指定的程序执行自动运行时，一旦执行完指定的程序段 N，CNC 将进入单段运行状态、并停止程序自动运行。

顺序号停止功能使用需要注意以下几点：

1）如果所设定的程序段为 CNC 内部执行的程序段，如宏程序运算、比较的程序段，子程序调用段等，则顺序号停止功能无效。

2）如果所设定的程序段为固定循环加工程序段，CNC 需要执行完固定循环、返回到循环起始位置后停止。

3）如果所设定的程序段在加工程序中被多次使用，则 CNC 将在执行完第 1 个程序段后停止。

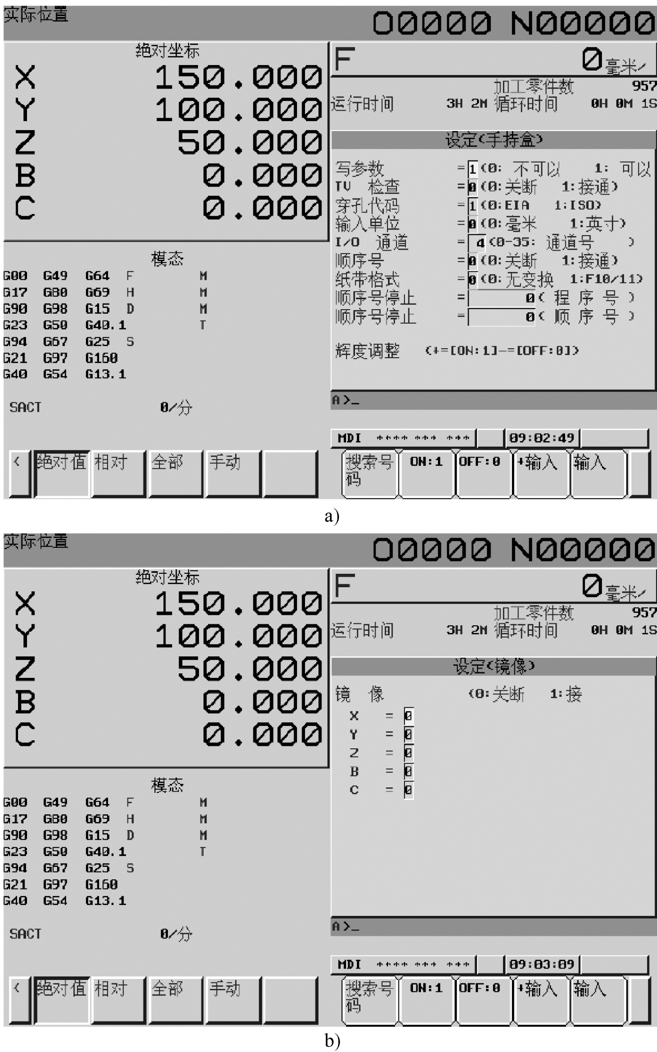


图 8.3-1 FS-0iD 的操作设定显示

4）如果所设定的程序段在加工程序中需要多次循环执行，则 CNC 将需要在执行完指定的循环次数后停止。

4. 定时器设定

定时器（TIMER）的显示和设定，可通过选择软功能键〖设定〗、按 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，在图 8.3-2 所示的显示页面上进行，其显示内容如下：

1）总加工件数（PARTS TOTAL）：自动加工的工件总数显示。显示值在执行到加工程序的 M02 或 M30 指令，或 CNC 参数 PRM6710 规定的 M 代码时，自动加 1，有关内容详见 8.1.1 节。总加工件数的值只能通过修改 CNC 参数 PRM6712 的设定值改变，在定时器显示页上只能查看。

2）要求工件数（PARTS REQUIRED）：可显示和设定要求加工的工件数，设定“0”，视为无限大。当下述的“加工件计数”的计数值到达本要参数设定值时，CNC 可向 PMC 输出工件计数到达信号 PRTSF，并通过 PMC 程序进行相关处理。要求工件数可在显示页面输

入和改变，但也可通过 CNC 参数 PRM6713 设定。

3）加工件计数（PARTS COUNT）：自动加工时的工件计数值显示和设定。该值同样在执行到加工程序的 M02 或 M30 指令，或 CNC 参数 PRM6710 规定的 M 代码时，自动加 1。当本参数的计数值到达上述“要求工件数”的设定值时，CNC 可向 PMC 输出“工件计数到达”信号 PRTSF，同时，自动将本参数的设定值置 0。加工件计数可在显示页面输入和改变，但也可通过 CNC 参数 PRM6711 设定。

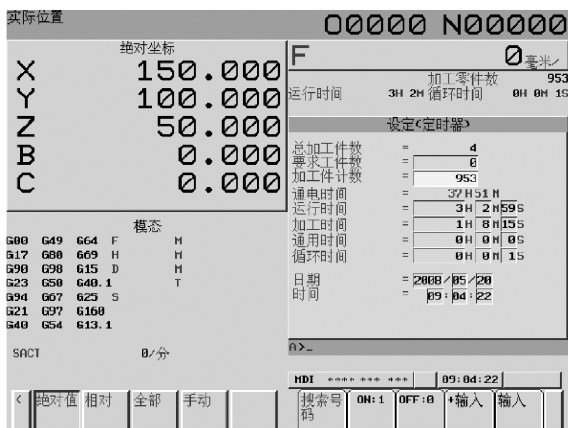


图 8.3-2 定时器设定显示

4）通电时间（POWER ON）：CNC 通电的累积时间显示，显示值需要通过 CNC 参数 PRM6750 设定，在定时器显示页上只能查看。

5）运行时间（OPERATING TIME）：CNC 自动运行的累积时间，它不包括运行时的中间停止和进给保持的时间，其显示和 8.1.1 节、位置显示页面的“RUN TIME”一致，运行时间可通过 CNC 参数 PRM6751、PRM6752 的设定改变。

6）加工时间（CUTTING TIME）：CNC 执行 G01、G02/03 等切削加工的时间，加工时间可通过 CNC 参数 PRM6753、PRM6754 的设定改变。

7）通用时间（FREE PURPOSE）：此时间的功能在 CNC 上未定义，可供机床生产厂家作为通用定时器使用。

8）循环时间（CYCLE TIME）：这是 CNC 执行一次自动循环的时间，它同样不包括运行时的中间停止和进给保持的时间，其显示和 8.1.1 节、位置显示页面的“CYCLE TIME”一致，通过 CNC 复位或关机操作，可将循环时间置 0。

9）日期/时间（DATE/TIME）：CNC 的当前日期和时间的显示，可以直接在显示页上输入和改变。

8.3.2 工件坐标系和宏程序

1. 工件坐标系显示和设定

在工件坐标系显示和设定页面，操作者可以显示和设定 G54 ~ G59 工件坐标系、外部工件坐标系的零点偏置值，其操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。如果需要进行工件坐标系的零点偏置设定，应将机床操作面板上的存储器保护开关置 OFF 位置，取消存储器保护功能。

2）按软功能键〖工件坐标系〗，LCD 将显示图 8.3-3 所示的工件坐标系零点偏置页面。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】；或者，输入工件坐标系的序号 0 ~ 6 后，按软功能键〖搜索号码〗，选择所需要的工件坐标系零点偏置显示页。工件坐标系的序号 0 对应外部工件坐标系，序号 1 ~ 6 分别对应工件坐标系 G54 ~ G59。

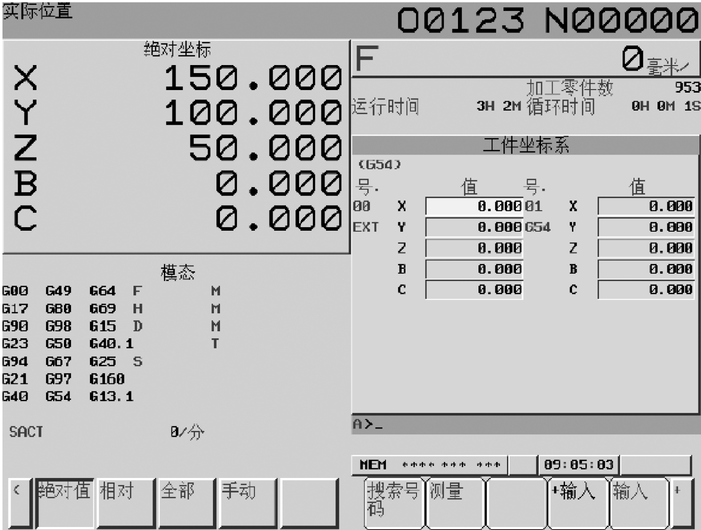


图 8.3-3　工件坐标系设定显示

4）用 MDI 面板的光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到需要设定零点偏置的输入框。

5）用 MDI 面板输入零点偏置值，按编辑键【INPUT】或选择软功能键〖输入〗、增量输入键〖+输入〗输入。

6）如需要将当前坐标轴的相对坐标显示值，直接作为工件坐标系零点偏置值输入，可在执行第 3）步、选定工件坐标系后，输入坐标轴名称，然后，按软功能键〖C 输入〗，指定轴的当前相对位置显示值即被设定为工件坐标系零点偏置。

7）重复以上步骤 3）~6），完成工件坐标系零点偏置设定。

8）将机床操作面板上的存储器保护开关置 ON 位置，生效存储器保护功能。

2. 零点偏置的测量输入

工件坐标系的零点偏置值也可以通过手动测量或实际试切加工，利用软功能键〖测量〗进行输入。以图 8.3-4 所示的车削加工为例，为了在 O 点建立工件坐标系原点，其操作步骤如下：

1）选择手动操作方式，进行端面 *A* 的切削加工，确定 *Z* 轴的测量输入基准点。

2）保持 *Z* 轴位置不变，将刀具沿 *X* 轴退出工件，停止主轴。

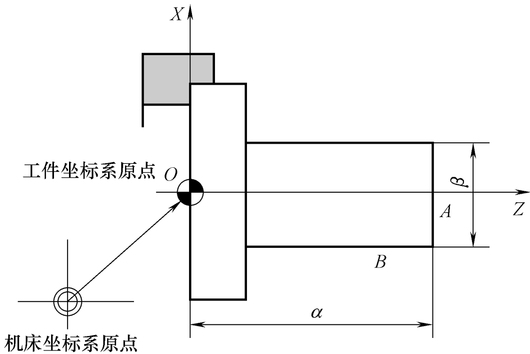


图 8.3-4　工件坐标系的测量输入例

3）选择 MDI 方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】显示偏置/设定页面。

4）按软功能键〖工件坐标系〗、显示工件坐标系设定页面，选定工件坐标系，然后用 MDI 面板输入坐标轴名称【Z】。

5）用 MDI 面板输入 *Z* 轴测量输入基准点（当前位置）在需设定的工件坐标系上的位

置值（图8.3-4上的α）。

6）按软功能键〖测量〗，Z轴在工件坐标系上的位置即被确定。

X轴工件坐标系零点偏置确定的方法和Z轴类似，它可以通过手动操作方式，对侧面B的切削加工，确定X轴的测量输入基准点；然后，保持X轴位置不变，将刀具沿Z轴退出工件，停止主轴；接着，按Z轴相似的步骤3）~6），选定工件坐标系后，输入地址【X】和X轴测量输入基准点（当前位置）在需设定的工件坐标系上的位置值（图8.3-4上的β，直径编程），最后，按软功能键〖测量〗确认。

3. 宏程序变量的显示与设定

利用MDI面板的功能键【OFS/SET】，可进行用户宏程序公共变量#100~#199、#500~#599的显示和设定，也可以直接将相对坐标值设定为宏程序变量。宏程序变量的显示和设定操作步骤如下：

1）选择MDI操作方式、按MDI面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。如果需要进行宏程序变量的设定，应将机床操作面板上的存储器保护开关置OFF位置，取消存储器保护功能。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖宏程序〗，按该键后LCD将显示图8.3-5所示的宏程序变量的显示和设定页面。



图8.3-5　宏程序变量显示

3）用MDI面板的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】、光标移动键【↑】/【↓】；或者，输入变量号后，按软功能键〖搜索号码〗，将光标定位到需要显示或设定的变量上。

4）如需要将指令的宏程序变量设定为“空变量”（数据空），可直接按软功能键〖输入〗；如需要设定其他值，则用MDI面板输入变量值后，按编辑键【INPUT】或选择软功能键〖输入〗、增量输入键〖+输入〗输入。

5）如需要将当前坐标轴的相对坐标显示值，直接作为宏程序变量值输入，可在选定变量号后，输入坐标轴名称，然后，按软功能键〖C输入〗，指定轴的当前相对位置显示值即被设定为宏程序变量值。

由于宏程序变量的输入范围很大，当设定值超出正常显示范围时，变量值的显示见表 8.3-2。

表 8.3-2　超过显示范围时的宏程序变量显示

CNC 参数 PRM6008.0 = 0		CNC 参数 PRM6008.0 = 0	
变量范围	变量显示	变量范围	变量显示
0 < 变量值 < 10^{-11}	+未溢出	0 < 变量值 < 10^{-7}	+未溢出
-10^{-11} < 变量值 < 0	-未溢出	-10^{-7} < 变量值 < 0	-未溢出
变量值 > 999999999999	+溢出	变量值 > 99999999	+溢出
变量值 < -999999999999	-溢出	变量值 < -99999999	-溢出

4. 加工模式的显示与设定

在加工零件相对固定的大批量加工专用 CNC 机床等设备上，机床生产厂家可通过用户宏程序的设计，直接利用 CNC 的加工模式选择菜单来选择加工模式、设定加工参数，对宏程序进行赋值。加工模式选择菜单的形式、用途及参数设定要求决定于机床生产厂家的设计，使用时应参见机床使用说明书进行，以下基本操作步骤只是对该功能的操作、显示和参数设定方法的一般介绍。

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。如果需要进行相关参数的设定，应将机床操作面板上的存储器保护开关置 OFF 位置，取消存储器保护功能。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖方式菜单〗（或〖菜单〗），按该键后 LCD 将显示图 8.3-6 所示的加工模式选择菜单显示和设定页面。



图 8.3-6　加工模式选择菜单的显示

3）用 MDI 面板的光标移动键【↑】/【↓】；或者，在输入加工模式的序号后，按编辑键【INPUT】或软功能键〖选择〗，将光标定位到所需的加工模式上，LCD 将显示图 8.3-7 所示的该加工模式所对应的宏程序设定参数。

4）根据参数设定要求，输入相关的宏程序变量值，按编辑键【INPUT】或选择软功能键〖输入〗，完成宏程序变量的设定。也可在选定变量号后，输入坐标轴名称，然后，按软功能键〖C 输入〗，指定轴的当前相对位置显示值即被设定为宏程序变量值。

加工模式参数一旦设定完成，原则上可直接转换至 MEM 方式、通过机床操作面板上的循环启动键进行自动加工。

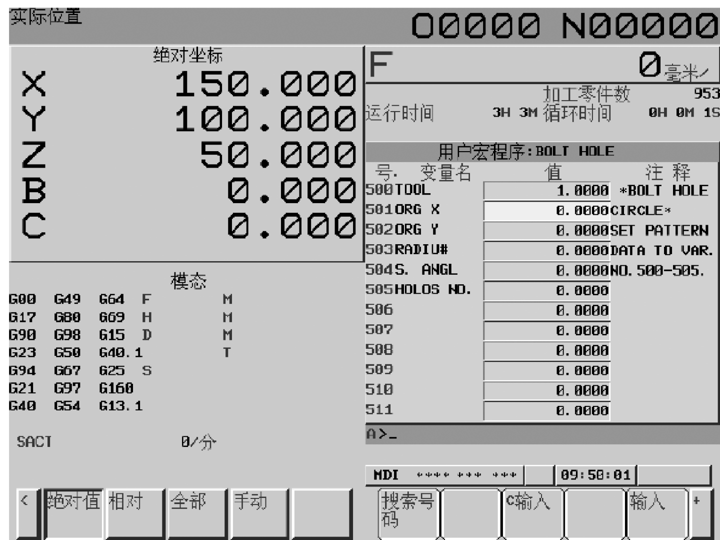


图 8.3-7　加工模式参数设定显示

8.3.3　软机床操作面板

1. 基本功能

所谓软机床操作面板是通过 LCD 的显示项选择和 MDI 面板上的某些按键，来替代机床操作面板的常用按钮、开关，进行机床的操作和控制，其显示如图 8.3-8 所示。

软机床操作面板的显示与 CNC 的功能有关，例如，在无手轮的 CNC 上，其显示如图 8.3-8a 所示；而在配套有手轮的 CNC 上，则显示如图 8.3-8b 所示的页面。软机床操作面板的显示有多页，功能选择后，其显示可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】进行切换，并显示图 8.3-9 所示的其他页面。

软机床操作面板功能有效时，选择显示页上的对应选项，便可替代机床操作面板上的按钮功能，生效 CNC 的相关操作，显示页所选择的选项以“■”标识。

例如，在图 8.3-8 上，CNC 操作方式选择（模式）栏，选择的状态为 MDI，就相当于通过机床操作面板选定了 MDI 操作方式『MDI』；而快进倍率栏选择的 100%，即相当于机床操作面板的快进倍率开关被置于 100% 的位置；而在图 8.3-9 上，程序段跳过、单程序段栏均选择“关”，它相当于机床操作面板上的程序跳段按钮『BLOCK SKIP』、单段按钮『SINGLE BLOCK』均处于 OFF 状态，等等。

2. 操作组定义

软机床操作面板根据 CNC 操作、控制的需要被分为若干组和栏，同一栏（行）上的选项只能选择其中之一。FS-0iD 的操作组定义和操作选择方法如下：

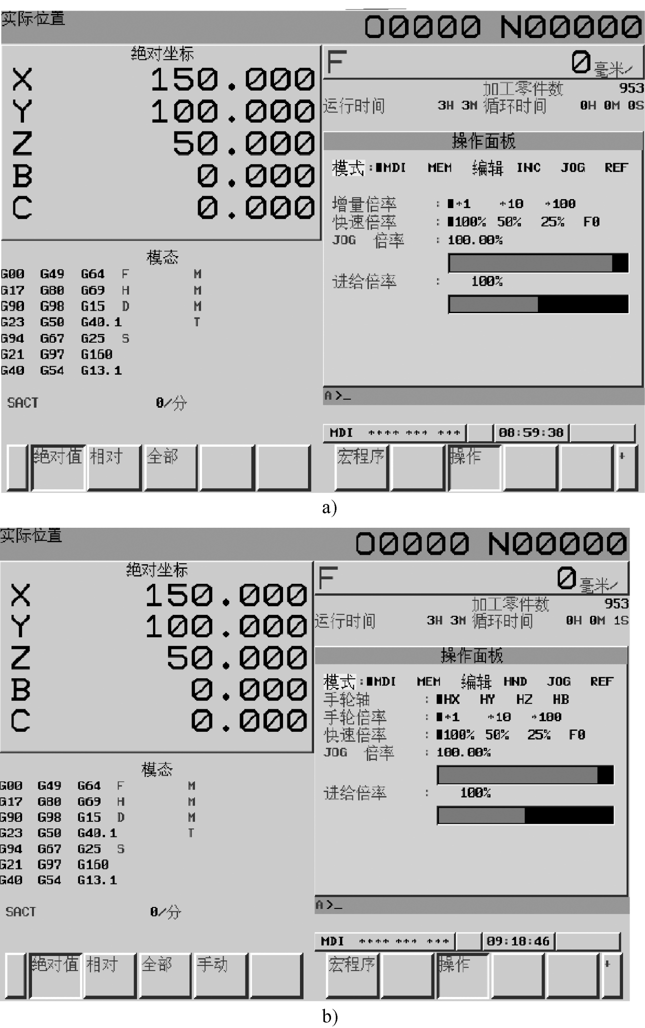


图 8.3-8 软机床操作面板的显示 1

a）无手轮 b）带手轮

组 1：CNC 操作方式（模式），可通过显示页选择 MDI、MEM 等操作方式选项，参见图 8.3-8 和图 8.3-9。

组 2：手动操作坐标轴方向键和手动快速键，可通过 MDI 面板的数字键【1】~【9】选择，数字键的定义见下述。

组 3：手轮进给轴（手轮轴）、手轮每格移动量（手轮倍率）选择，可通过显示页上的选项选择，见图 8.3-8b。

组 4：快速进给速度倍率（快速倍率）、手动进给速度倍率（JOG 倍率）、进给速度倍率（进给倍率）选择，可通过显示页上的选项选择，见图 8.3-8。

组 5：程序运行控制选择，可通过显示页上的选项选择程序跳段、单程序段等操作，见图 8.3-9。

组 6：存储器保护，可通过显示页上的选项选择，见图 8.3-9。



图 8.3-9　软机床操作面板的显示 2

组 7：进给保持，可通过显示页上的选项选择，见图 8.3-9。

软机床操作面板的操作组 1 ~ 7 可通过 CNC 参数 PRM7200 的设定，选择使用或不使用。

除以上 CNC 已经定义的操作组外，机床生产厂家还可以通过“通用开关”的显示页，定义 8 个其他操作按键，按键名称可用 CNC 参数 PRM7220 ~ 7283 设定。

3. 方向键定义

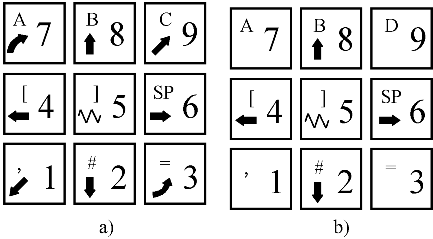


图 8.3-10　手动方向键定义

a）FS-0iMD　b）FS-0iTD

当软机床操作面板的操作方式选择栏选定了 JOG/INC 操作方式时，机床手动操作所需要的方向键将以图 8.3-10 所示的、MDI 面板上的数字键代替。其中，数字键【5】将替代机床操作面板上的手动快速按钮『RAPID』；而坐标轴移动的方向键则由数字键【1】~【9】代替。数字键【1】~【9】所对应的坐标轴和运动方向，可通过 CNC 参数 PRM7210 ~ 7217 的设定进行定义，FS-0iMD 可定义图 8.3-10a 所示的 X/Y/Z/4 轴的运动方向键；FS-0iT 可定义图 8.3-10b 所示的 *X*/*Z* 轴运动方向键。

MDI 面板上的手动操作按键功能只有在软机床操作面板功能生效时才能使用。

4. 操作步骤

软机床操作面板的操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖操作〗，按该键后 LCD 将显示软机床操作面板显示页面。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，选择软机床操作面板页面。

4）用光标移动键【↑】、【↓】，选定操作组和栏。

5）用光标移动键【→】、【←】，设定操作组中的操作按钮状态，被设定的操作按钮状

态，在显示页上以“■”标识，这一状态将代替机床操作面板上的按钮信号。

6）当软机床操作面板的操作方式选择为 JOG/INC 操作时，可通过图 8.3-10 所示的 MDI 面板数字键控制机床手动运动。

8.3.4 语言、数据保护和精度等级

1. 语言选择

当 CNC 参数 PRM3280.0 设定为“0”时，可利用 MDI 面板的功能键【OFS/SET】，直接进行 LCD 显示语言的切换，其操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、直至显示软功能键〖语种〗，按该键后 LCD 将显示图 8.3-11 所示的语言选择显示页面。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择语言。

4）按软功能键〖确定〗，LCD 将切换至所选择的语言，这一设定无需进行 CNC 的 ON/OFF 操作，而且可以一直保持有效。



图 8.3-11 LCD 语言选择页面

LCD 的显示语言也可通过 CNC 参数 PRM3281 的设定选择，参数设定值和语言的对应关系见表 8.3-3。

表 8.3-3 LCD 显示语言的设定

PRM3281	1	2	3	4	5	6	7	8	9
语言	英语	日语	德语	法语	中(繁)	中(简)	意大利语	韩语	西班牙语
PRM3281	10	11	12	13	14	15	16	17	18
语言	荷兰	丹麦	葡萄牙	波兰	匈牙利	瑞典	捷克	俄语	土耳其

2. 数据保护及密码设定

当 CNC 参数 PRM8131.4 设定为“1”时，可通过密码进行 CNC、PMC 数据的保护。FS-0iD 的数据可以设定 0～7 共 8 级保护，以 7 级为最高，可通过高保护级的密码生效低保护级的显示、设定操作。0～3 级为机床用户使用的保护级，它们用机床操作面板上的存储器保护旋钮保护；4～6 级需要用存储器保护旋钮和密码共同保护；7 级为 CNC 生产厂家维修密码，生产厂家一般不能使用。

数据保护密码可通过 CNC 的偏置/设定显示页面设定或修改，其操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、直至显示软功能键〖数据保护〗（或〖保护〗），按该键后 LCD 将

显示数据保护显示页面。

3）按软功能键〖口令〗，LCD 将显示图 8.3-12 所示的密码设定或修改页面。



图 8.3-12　数据保护密码设定页面

4）用 MDI 数字键输入保护级 4 ~7，按软功能键〖输入〗，选定保护级别。

5）用 MDI 数字键，在“旧口令”栏输入该保护级原来的密码，按软功能键〖输入〗，生效密码设定或修改操作。

6）如需要清除保护密码，按软功能键〖口令清除〗（或〖清除〗）便可清除数据保护密码。如需要修改密码，则用 MDI 数字键，在“新口令栏”输入新的保护密码，按软功能键〖输入〗；然后，在“新口令确认”栏，再次输入新的保护密码，按软功能键〖输入〗确认；输入完成后，按软功能键〖口令更改〗（或〖登录〗），完成密码修改操作。

保护密码最大为 8 字符，可以使用 MDI 面板上的英文大写字母或数字，输入密码时，LCD 的显示为“＊”。

3. 数据保护级设定

CNC 的数据可以通过不同的保护级进行保护，不同数据的保护级可通过如下操作步骤进行设定。但是，加工程序编辑的保护级设定和编辑使能，需要在 CNC 程序显示的〖一览〗页面，通过修改程序编辑属性进行，有关内容可参见第 7 章 7.3 节。

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、直至显示软功能键〖数据保护〗（或〖保护〗），按该键后 LCD 将显示数据保护页面。

3）按软功能键〖变更保护级别〗（或〖PRT. LV〗），LCD 将显示图 8.3-13 所示的数据保护级设定页面。

4）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择所需要设定保护级的数据项。

5）在“变更”或“输出”栏，用 MDI 面板输入所选择数据项的保护级，按软功能键〖输入〗，该项数据的修改或外部输出即受相关保护级的密码保护，不能向外部输出的数据，不需要设定“输出”的保护级。

如果数据保护级和密码已被设定，更改保护级需要在输入密码后进行，但不能变更比高保护级数据项的保护级，也不能将数据项的保护级设定得比密码有效的保护级更高。

CNC 可以设定保护级的数据项及出厂时所设定的初始保护级见表 8.3-4。

4. 精度等级选择

FS-0iD 具有先行控制、AI 先行控制、AI 轮廓控制等先进的控制功能，可通过插补前加速、S 型加速、拐角减速等功能提高加工精度。自动运行时可根据实际需要，通过调整精度等级，来一次性改变插补前加速的加速度、S 型加减速时间、拐角自动减速速度等参数。精度等级设定和调整的操作步骤如下：



图 8.3-13　数据保护级设定页面

表 8.3-4　设定数据项及初始保护级一览表

数据项	初始保护级		数据项	初始保护级	
	变更	输出		变更	输出
加工程序编辑	0	0	PMC 配置参数	0	0
绝对坐标设定	0	0	PMC 联机设定	0	0
CNC 设定数据	0	0	PMC 通道设定	0	0
运行时间、时钟设定	0	0	PMC 程序	0	0
工件坐标系设定	0	0	PMC 参数	0	0
宏程序变量	0	0	PMC 定时器	0	0
刀具偏置、补偿设定	0	0	PMC 计数器	0	0
CNC 参数	4	0	PMC 用户保持继电器	0	0
螺距误差补偿数据	4	0	PMC 系统保持继电器	0	0
定期维护信息	0	0	PMC 数据表	0	0
以太网设定	0	0	PMC 数据表控制参数	0	0
Power Mate 管理器	0	0	PMC 存储器	0	0

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、直至显示软功能键〖精度等级〗（或〖精度 LV〗），按该键后 LCD 将显示如图 8.3-14 所示的精度等级显示和调整页面。

3）MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】选择需要显示或调整的坐标轴。

4）通过 MDI 输入所需要的精度等级 1～10，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖确认〗，输入精度等级。

精度等级一旦设定，CNC 将一次性改变插补前加速的加速度、S 型加减速时间、拐角自

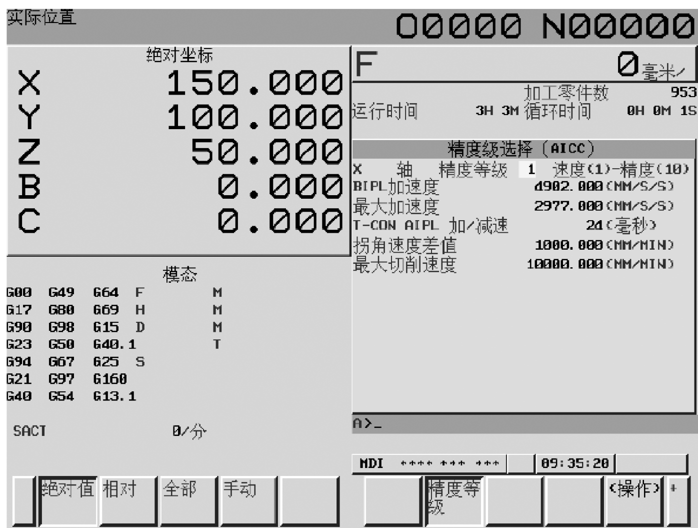


图 8. 3-14　精度等级显示和调整页面

动减速速度等参数；参数的变化范围可在系统显示模式下设定和改变，有关内容可参见第 9 章 9. 1 节。

8. 3. 5　FS-0iTD 刀具补偿

1. 功能说明

刀具补偿是 CNC 根据刀具的实际尺寸，自动调整刀具运动轨迹，保证刀尖轨迹与编程轮廓一致的功能。使用刀具补功能后，操作者可通过 CNC 刀具补偿参数的设定，利用加工程序中的 G41/G42 等刀具补偿指令，使得刀具的运动能够根据所使用刀具的安装位置、实际长度、半径等参数，自动改变轨迹、使加工程序中的编程尺寸和图纸尺寸统一。刀具补偿数据既可通过 FS-0iTD 的 MDI 面板手动输入和设定，也可通过编程指令 G10 在加工程序中输入。有关刀具补偿指令 G41/42、G10 指令的编程格式、使用方法可参见第 3 章 3. 5 节。

车削类机床是以工件回转作为主运动的金属切削机床，在多数场合，其车刀固定安装在刀架上，其刀具补偿涉及到刀尖在 *X*、*Z* 方向的位置（刀具偏置）和刀尖半径两方面的内容。在车削中心等机床上，由于刀具需要进行 *Y* 方向的运动，因此，其刀具位置还需要考虑 *Y* 轴方向的偏置。

车刀的刀尖（实际为假想刀尖）偏离加工程序中编程基准点的距离称为刀具偏置，它不需要考虑刀尖半径。车刀的刀尖半径补偿与刀具安装的方向有关，因此，其补偿值中不仅需要设定半径的大小，而且还需要给定刀尖的方向（TIP）。FS-0iTD 对刀具偏置和刀尖方向的定义如图 8. 3-15 所示。

FS-0iTD 的刀具偏置包括几何偏置（Geometry Offset）和磨损偏置（Wear Offset）两部分。刀具磨损是对理论形状的修整，使用后，刀具的位置偏置量将取几何偏置和磨损偏置之和，故可通过对磨损偏置的调整，在刀具几何偏置的不变情况下，微调运动轨迹。

2. 数据显示与设定

FS-0iTD 刀具偏置的 MDI 面板的显示和设定操作步骤如下：

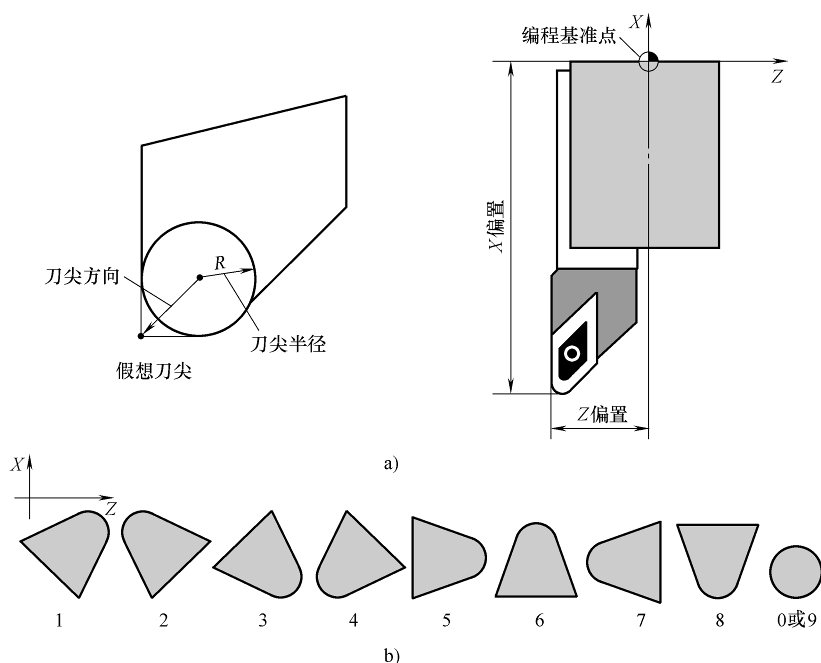


图 8.3-15 刀具偏置和刀尖方向的定义

a）刀具偏置 b）刀尖方向

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能键〖刀偏〗，LCD 将显示刀具偏置数据显示页面。

刀具偏置补偿功能可通过 CNC 参数 PRM8136.6、PRM8136.7 的设定改变。参数 PRM8136.6 用于刀具磨损补偿功能选择，设定“1”时，刀具磨损偏置无效，刀具偏置数据只有 *X*、*Z* 轴的几何偏置，其显示页面如图 8.3-16a 所示；设定“0”时，刀具磨损偏置有效，刀具偏置数据的显示有图 8.3-16b 所示的几何偏置（偏置/形状）和图 8.3-17c 所示的磨损偏置（偏置/磨损）两页，两者可通过软功能键〖形状〗、〖磨损〗进行切换，每一刀具对应 1 个几何偏置号 G＊＊＊和 1 个磨损偏置号 W＊＊＊，偏置补偿为两者之和。参数 PRM8136.7 用于刀尖半径补偿功能选择，设定“1”时，刀尖半径补偿功能无效，刀具偏置数据显示页上无“半径”和“方向（TIP)”显示和设定栏。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，或直接输入偏置号后，按软功能键〖搜索号码〗，选择所需要的刀具偏置号。

4）用光标移动键【→】、【←】选定需要输入偏置值的坐标轴。

5）用 MDI 面板输入偏置数据，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或利用〖输入〗、增量输入〖+输入〗软功能键，输入偏置数据。也可在选定偏置号后，输入坐标轴名称，然后，按软功能键〖C 输入〗，指定轴的当前相对位置显示值即被设定为刀具偏置值。

刀具偏置数据的 MDI 设定可以通过 CNC 参数 PRM3290.0、PRM3290.1 的设定禁止，当 PRM3290.0 设定为“1”时，禁止输入刀具偏置或刀具偏置/磨损；PRM3290.1 设定为“1”时，禁止输入刀具偏置/形状。禁止输入的偏置号范围可在 CNC 参数 PRM3294（起始偏置号)、PRM3295（禁止输入的偏置数量）上设定。

3. 偏置值的测量输入

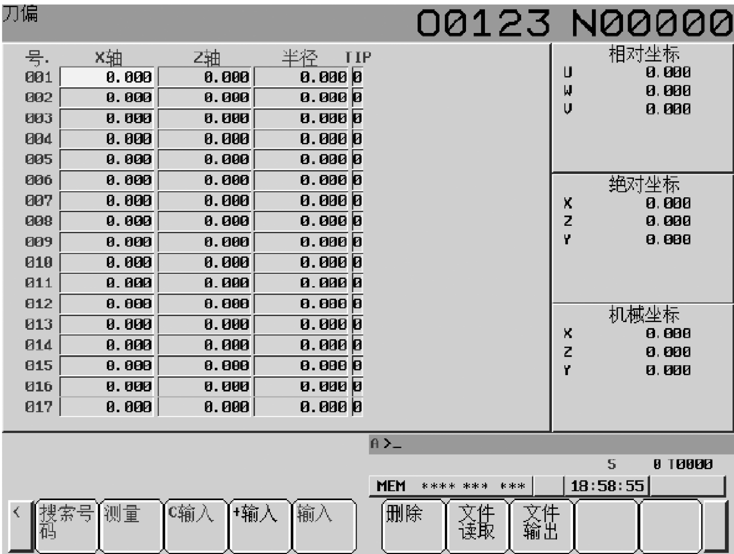
刀具偏置值也可以通过手动测量或实际试切加工，利用软功能键〖测量〗进行输入。以图 8.3-17 所示的车削加工为例，刀具偏置值测量输入的操作步骤如下：

1）选择手动操作方式，进行端面 *A* 的切削加工，确定 *Z* 轴的测量输入基准点。

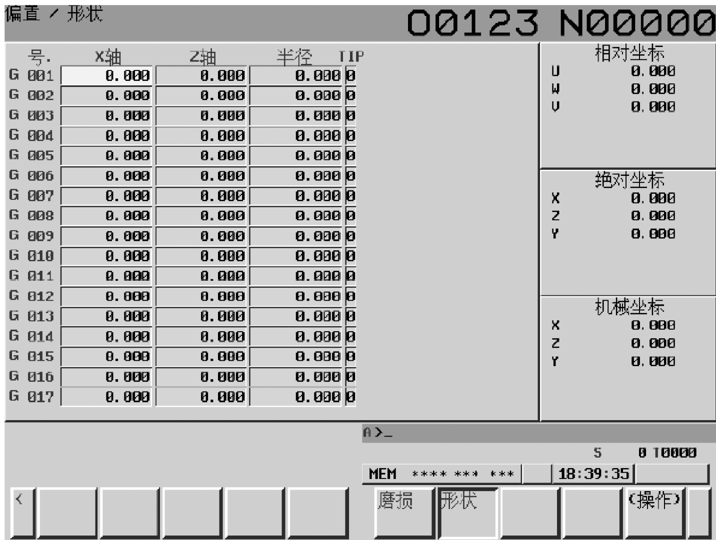
2）保持 *Z* 轴位置不变，将刀具沿 *X* 轴退出工件，停止主轴。

3）选择 MDI 方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】显示偏置/设定页面。

4）按软功能键〖刀偏〗、选择刀具偏置设定页面，选定偏置号；然后用 MDI 面板输入坐标轴名称【Z】。刀具偏置的测量输入可为偏置/形状，也可以是偏置/磨损，对于前者，测量偏置值一旦输入，便成为刀具新的几何偏置值，所对应的偏置/磨损自动成为“0”；对



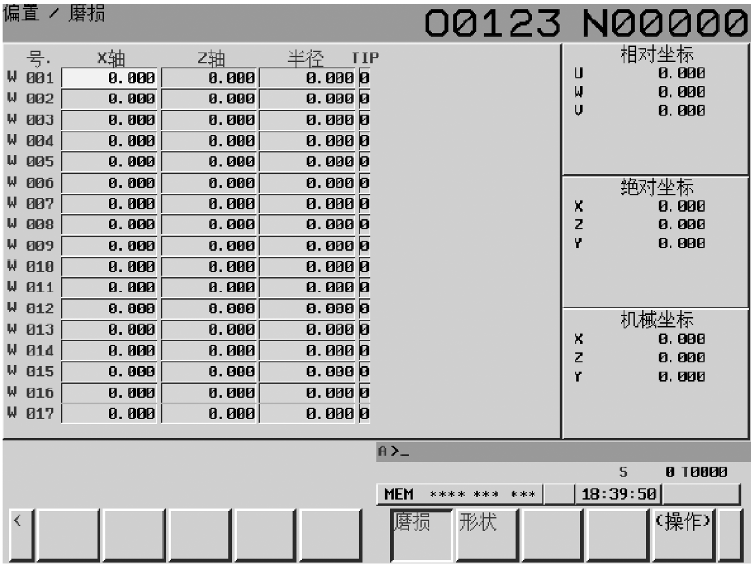
a)



b)

图 8.3-16　刀具偏置显示页面

a）不使用磨损　b）几何偏置（形状）



c)

图 8.3-16　刀具偏置显示页面（续）

c）刀具磨损

于后者，测量偏置值一旦输入，便成为刀具新的磨损偏置值，其几何偏置值保持不变。

5）用 MDI 面板输入 *Z* 轴测量输入基准点（当前位置）在加入刀具偏置补偿后的编程位置值（图 8.3-17 上的 α）。

6）按软功能键〖测量〗，*Z* 轴的编程位置值和实际显示位置间的差值，即被作为偏置补偿数据输入。

X 轴刀具偏置确定的方法和 *Z* 轴类似，它可以通过手动操作方式，对侧面 *B* 的切削加工，确定 *X* 轴的测量输入基准点；然后，保持 *X* 轴位置不变，将刀具沿 *Z* 轴退出工件，停止主轴；接着，按 *Z* 轴相似的步骤 3）~6），选定偏置号后，输入【X】和 *X* 轴测量输入基准点（当前位置）在加入刀具偏置补偿后的编程位置值（图 8.3-17 上的 β，直径编程），最后，按软功能键〖测量〗确认。

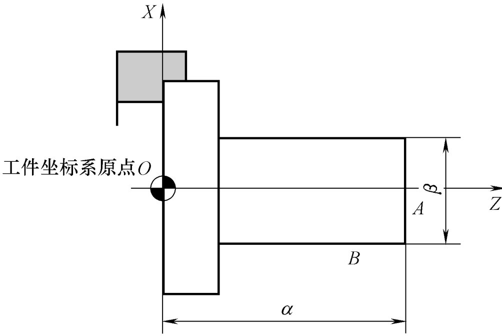


图 8.3-17　刀具偏置的测量输入

在选配有自动对刀装置的数控车床或车削中心上，还可以通过 FS-0iTD 的刀具自动测量功能，利用测量值直接输入方式 B，在选择软功能键〖刀偏〗后，进行刀具偏置值的自动设定；或在选择软功能键〖工件偏〗后，进行工件偏移自动设定，有关内容可参见机床使用说明书。

4. *Y* 轴偏置值的输入

在带有 *Y* 轴的车削中心上，*Y* 轴的刀具偏置可以在第 2 刀具偏置显示页面上显示和设

定，该显示可在 MDI 操作方式下，按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示后，通过扩展菜单上的软功能键〖刀偏 .2〗显示。*Y* 轴刀具偏置的输入方法与 *X*、*Z* 轴相同，可参见前述的说明。用于刀具偏置补偿功能选择的 CNC 参数 PRM8136.6、PRM8136.7 对 *Y* 轴同样有效。*Y* 轴的刀具偏置显示如图 8.3-18 所示。

8.3.6　FS-0iTD 卡盘和尾架保护

1. 功能说明

卡盘和尾架保护是利用 CNC 的存储型行程检查功能，设置禁区、防止刀具和卡盘或尾架干涉的一种保护功能，使用本功能后，CNC 的存储型行程检查 2 和 3 将被禁止使用。

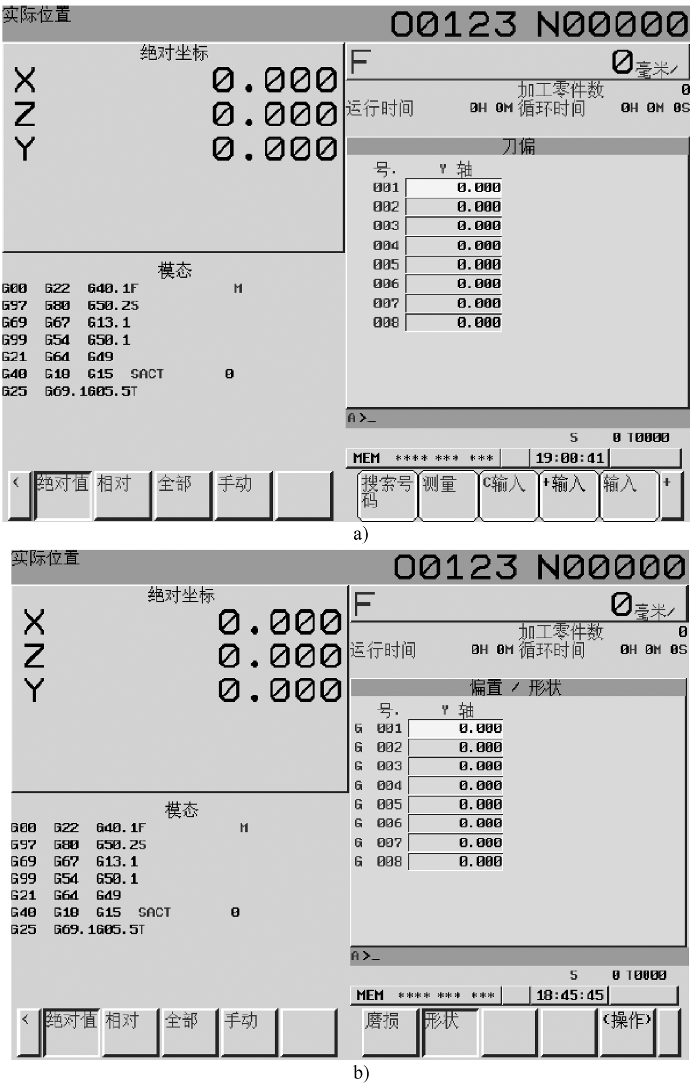
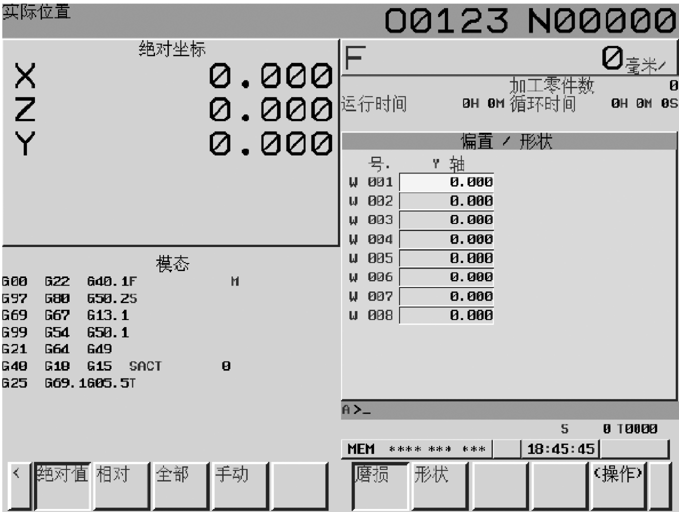


图 8.3-18　*Y* 轴刀具偏置显示页面

a）不使用磨损　b）几何偏置（形状）



c)

图 8.3-18 *Y* 轴刀具偏置显示页面（续）

c）刀具磨损

卡盘和尾架保护功能可通过 CNC 参数 PRM8134.1 的设定选择，设定“1”时，卡盘和尾架保护功能有效，存储型行程检查 2 和 3 禁止使用；设定“0”时，卡盘和尾架保护功能无效，存储型行程检查 2 和 3 可以使用。此外，在无尾架的数控车床上，还可通过 PMC 的尾架保护撤销信号，取消尾架保护功能。卡盘和尾架保护在手动回参考点完成、机床坐标系建立后生效，这时，CNC 可以像软件限位那样，自动对刀具的运动位置、轨迹进行检查，一旦进入保护区，CNC 将立即停止运动，并显示报警。

卡盘和尾架保护功能可通过程序中的加工禁区保护指令 G22、G23 生效或撤销，指令的编程格式与要求可参见第 2 章 2.5 节，当卡盘和尾架保护功能生效时，G22 用来生效卡盘和尾架保护功能；G23 用来撤销卡盘和尾架保护功能。由于卡盘和尾架保护需要有较多的位置参数，它不能通过第 2 章 2.5 节所述的编程指令简单定义，因此，需要利用 CNC 参数 PRM1330 ~ 1136/PRM1341 ~ 1348 设定，或者，在 MDI 操作方式下，用 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示后，利用下述方法进行设定。

2. 卡盘保护

卡盘保护参数的显示和设定操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示，并确认 CNC 的模态 G 代码处于 G23（禁区保护无效）状态。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖卡盘-尾架〗，按该键后 LCD 可显示卡盘或尾架页面，用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，选择图 8.3-19 所示的卡盘显示页。

3）用光标移动键【↑】、【↓】，选择卡盘参数。

4）用 MDI 面板输入保护区设定参数，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或利用〖输入〗、增量输入〖+输入〗软功能键输入。

卡盘保护参数中的 CX、CZ 用来定义卡盘的位置，它是工件坐标系上的位置值，故也可通过手动移动刀具到指定位置后，按软功能键〖设定〗，直接将当前的 *X*、*Z* 坐标值（相

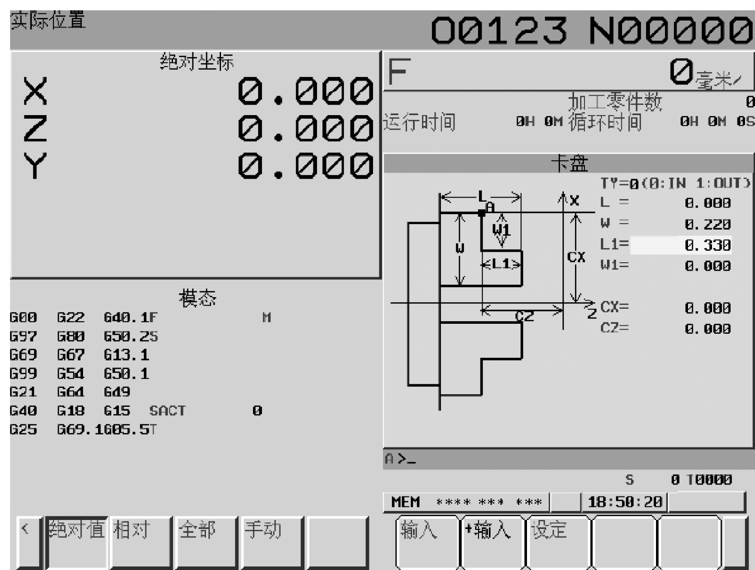


图8.3-19　卡盘保护显示页面

对）作为保护参数输入，但是，利用这种方式输入时需要注意：如当前位置是在刀具补偿无效的情况下，通过刀具定位所得到的数据，其输入值应需要增加刀具偏置值。

保护参数中的TY为卡盘类型选择，设定“0”为内爪（IN）、设定“1”为外爪（OUT），两者的保护区设定参数有图8.3-20所示的区别。设定参数应保证W≥W1、L≥L1，否则，输入无效。

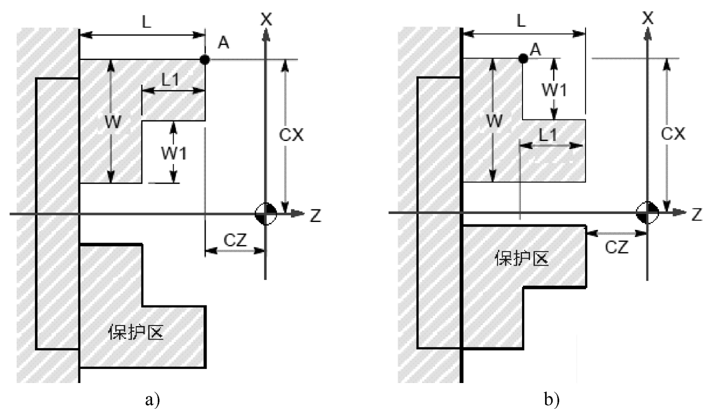


图8.3-20　内/外爪显示页面设定参数

a）TY=1　b）TY=0

3. 尾架保护

尾架保护参数的显示和设定操作步骤如下：

1）选择MDI操作方式、按MDI面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示，并确认CNC的模态G代码处于G23（禁区保护无效）状态。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖卡盘-尾架〗，按该键后LCD可显示卡盘或尾架页面，用MDI面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，选择图8.3-21所示的尾架显示页。

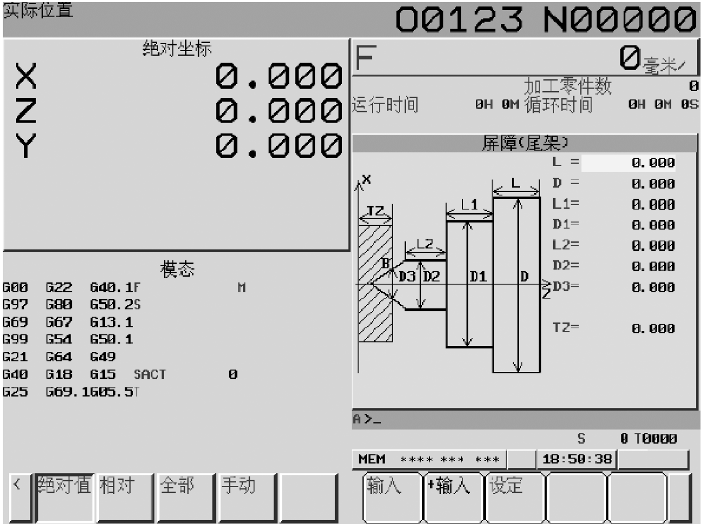


图 8.3-21　尾架保护显示页面

3）用光标移动键【↑】、【↓】，选择尾架参数。

4）用 MDI 面板输入保护区设定参数，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或利用〖输入〗、增量输入〖+输入〗软功能键输入。

尾架保护参数中的 TZ 用来定义尾架的位置，它也是工件坐标系上的位置值，故同样可通过手动移动刀具到指定位置后，按软功能键〖设定〗，直接将当前的 *Z* 坐标值（相对）作为保护参数输入，但是，如当前位置是在刀具补偿无效的情况下，通过刀具定位所得到的数据，其输入值也应增加刀具偏置值。此外，虽然实际顶尖角通常为 60°，但尾架保护参数 D3 应按照顶尖角 90°计算后输入；设定参数应保证 D2≥D3，否则，输入无效。另外，尾架保护区的设定不能和卡盘保护区重叠，否则，同样无效。

8.3.7　FS-0iMD 刀具补偿

1. 功能说明

FS-0iMD 的刀具补偿同样是 CNC 根据刀具的实际尺寸，自动调整刀具运动轨迹，保证刀尖轨迹与编程轮廓一致的功能。

镗铣类机床是以刀具回转作为主运动的金属切削机床，其刀具轴线一般和机床主轴同轴，因此，铣削类刀具一般只需要进行刀具长度和刀具半径的补偿，而钻头、镗刀、铰刀、丝锥等刀具则只需要进行长度补偿。

使用 FS-0iMD 的刀具补功能后，操作者可通过 CNC 刀具补偿参数的设定，利用加工程序中的 G43/G44 指令生效刀具长度补偿功能、用 G41/G42 指令生效刀具半径补偿功能，使得刀具的运动能够根据所使用刀具的实际长度和半径，自动改变轨迹、使加工程序中的编程尺寸和图纸尺寸统一。

FS-0iMD 的刀具补偿数据同样可采用 MDI 面板手动设定和通过编程指令 G10 在程序中输入两种方式。有关刀具补偿指令 G41/42、G43/G44、G10 指令的编程格式、使用方法可参见第 4 章 4.4 节。

2. 数据显示与设定

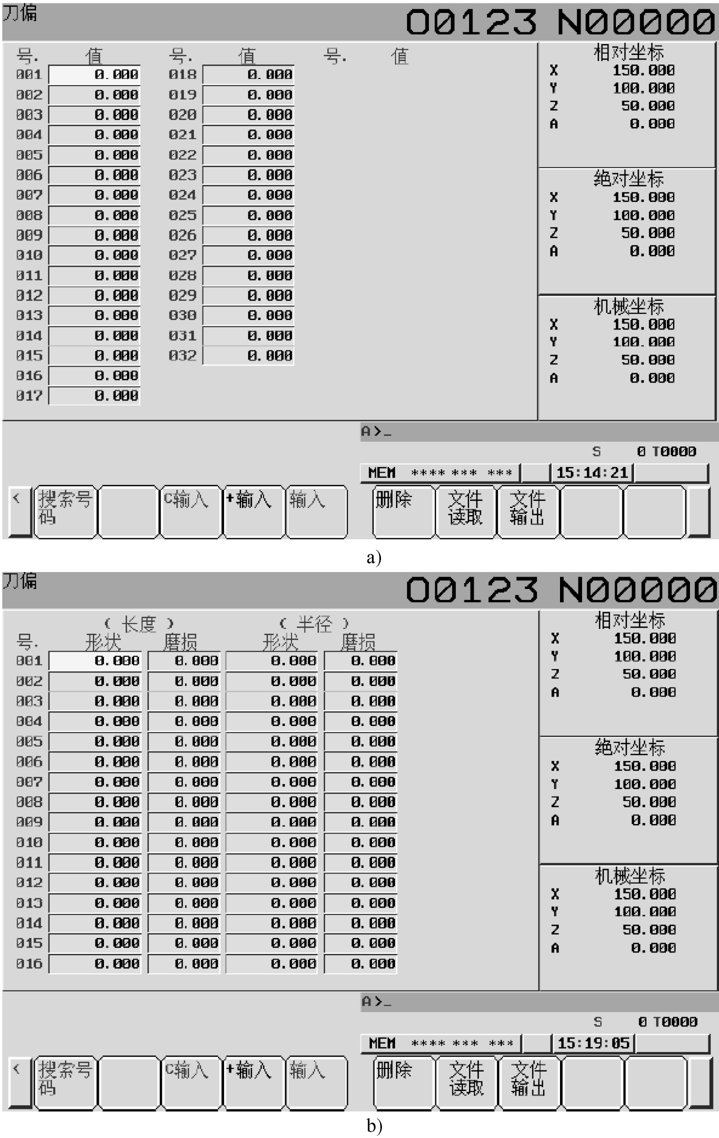
FS-0iMD 刀具补偿数据的 MDI 面板的显示和设定操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能键〖刀偏〗，LCD 将显示刀具补偿数据显示页面。

FS-0iMD 的刀具补偿，可通过 CNC 参数 PRM8136.6 的设定，选择补偿 A、C 两种方式，PRM8136.6 设定“1”时，刀具半径补偿和磨损设定无效，补偿数据只有刀具偏置（补偿 A），其显示页面如图 8.3-22a 所示；设定“0”时，刀具长度、半径补偿均有效，补偿数据的显示有图 8.3-22b 所示的长度、半径及其磨损等内容（补偿 C）。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，或直接输入补偿号后，按软功能键〖搜索号码〗，选择所需要的刀具补偿号。



a)

b)

图 8.3-22　FS-0iMD 的刀具补偿显示

a）刀具补偿 A　b）刀具补偿 C

4）用光标移动键【→】、【←】选定需要输入设定的补偿参数。

5）用 MDI 面板输入补偿值，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或利用〖输入〗、增量输入〖+输入〗软功能键，输入补偿数据。

刀具补偿数据的 MDI 设定可以通过 CNC 参数 PRM3290.0、PRM3290.1 的设定禁止，当 PRM3290.0 设定为“1”时，禁止输入刀具长度偏置数据；PRM3290.1 设定为“1”时，禁止输入刀具的形状/磨损数据。禁止输入的补偿号范围可在 CNC 参数 PRM3294（起始补偿号）、PRM3295（禁止输入的补偿数量）上设定。

3. 偏置值的测量输入

当 FS-0iMD 的 CNC 参数 PRM8136.7 设定为“0”时，刀具长度偏置也可以通过手动测量的方法输入，其操作步骤如下：

1）选择手动操作方式，主轴安装基准刀具，并移动 *Z* 轴到固定的测量点。

2）按 MDI 面板的功能键【POS】显示位置显示页面，并通过 8.1.1 节的操作，将 *Z* 轴的相对坐标值设定为 0。

3）将主轴上的刀具更换为待测量刀具，手动移动 *Z* 轴到固定测量点，此时，CNC 的相对位置显示即为待测量刀具和基准刀具的长度差。

4）按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】显示偏置/设定页面。

5）按软功能键〖刀偏〗、选择刀具补偿显示页面，选定补偿号和长度补偿数据输入区。

6）用 MDI 面板输入坐标轴名称【Z】，按软功能键〖C 输入〗，当前的 *Z* 轴相对位置显示值便作为刀具长度偏置值输入。

8.3.8 刀具寿命管理

1. 功能说明

在无人看管加工或大批量加工的数控机床上，为了保证机床能够长时间连续加工，避免刀具更换引起的加工中断，用户可在刀库上安装一组（多把）用于同一工序加工的同类刀具，并对其使用寿命（允许加工时间或加工次数）进行设定。这样，如某一把刀具的使用寿命到达或即将到达，CNC 可以在下次换刀时，自动选择同一组的另一把刀具进行加工，以防止刀具磨损、断裂所产生的加工误差、加工中断，这就是 CNC 的刀具寿命管理机能。

刀具寿命管理数据的显示可以通过按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】、选择偏置/设定显示后，通过软功能扩展菜单中的软功能键〖刀具寿命〗（或〖搜索号码 TL 寿命〗）显示，其显示如图 8.3-23 所示。

刀具寿命管理数据显示页的主要内容如下，显示“＊＊＊”表示未设定刀具寿命管理的刀具组。

下一组（或“下一”）：即将更换的下一把刀具所属的刀具组号。

使用组（或“使用”）：当前加工刀具所属的刀具组号。

选择中的群（或“选择”）：当前生效的刀具寿命管理组号，或最后一次有效的刀具寿命管理组号。

计数超出范围：当 CNC 参数 PRM6801.2 设定为“1”时，刀具使用寿命（使用时间或次数）可通过倍率的设定调整，此项显示即为所设定的倍率值；如 CNC 参数 PRM6801.2 设定为“0”，本项显示始终为 1（100%）。



图 8. 3-23　刀具寿命管理数据显示

组 001/组 002：以分组形式显示的刀具寿命设定值（寿命）、刀具已使用的时间或次数（计数）及该组刀具的寿命管理信息（如 00010012、@ 00010001 等）。

当刀具寿命以加工时间的方式设定时，其计时单位可通过 CNC 参数 PRM6805. 0 的设定选择，参数设定“0”，“计数”项的数据单位为分；参数设定“1”，“计数”项的数据单位为 0. 1 分。

在刀具寿命管理信息中，无前缀符或前缀@ 表示该刀具寿命未到达，可正常使用；如出现前缀符“＊”，表示该刀具的使用寿命已经到达；如出现前缀符“#”，表示该刀具被跳过；如本组的刀具不能全部显示，则在最后的刀具号后显示“≫”标记。

2. 基本设定操作

刀具寿命管理数据的设定一般应在自动运行停止、CNC 复位后进行，但如 CNC 参数 PRM6804. 1 设定为“1”，也可在自动运行时变更“计数”项的值。刀具寿命管理数据的基本设定操作如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖刀具寿命〗（或〖搜索号码 TL 寿命〗），按该键显示图 8. 3-22 所示的刀具补偿数据显示页面。

3）用 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，或直接输入刀具组号后，按软功能键〖群检索〗，选择所需要的刀具组号。

4）用 MDI 面板的光标移动键【→】、【←】，选择需要设定的刀具组，光标定位在“计数”数据框。

5）用 MDI 面板输入计数值，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或利用〖输入〗软功能键，输入刀具寿命计数值。

如果需要清除所选择组的刀具寿命计数值，可以在选择软功能键〖清除〗后，按软功能键〖执行〗，指定组的刀具寿命计数值被一次性清除；如 CNC 参数 PRM6800. 4 设定为

“1”，还可以一次性清除全部刀具组的刀具寿命计数值。

3. 刀具组编辑

刀具寿命管理数据可以通过刀具组编辑进行更多的设定，其操作步骤如下：

在上述基本操作步骤 1）~4），选定刀具组。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择操作软功能键〖编辑〗，LCD 显示图 8.3-24 所示的编辑页面。编辑页面上的下一组（或“下一”）、使用组（或“使用”）、选择中的群（或“选择”）、计数超出范围的显示内容与含义同基本数据显示页图 8.3-23；本组刀具寿命管理数据的编辑包括如下内容。

型号：选择刀具寿命计数的方式，设定“1”为使用次数；设定“2”为使用时间。选择以使用时间计数时，其计时单位可通过 CNC 参数 PRM6805.0 的设定选择，参数设定“0”，“计数”项的数据单位为分；参数设定“1”，“计数”项的数据单位为 0.1 分。

图 8.3-24 刀具寿命管理数据编辑显示

寿命：刀具寿命设定值。

计数：当前的刀具使用时间或次数设定。

状态：刀具寿命管理状态信息，无前缀符或前缀@ 表示该刀具寿命未到达；前缀符“★”表示该刀具的使用寿命已经到达；前缀“#”表示该刀具被跳过。

T 代码/H 代码/D 代码：刀具号/刀具长度补偿号/刀具半径补偿号设定；在 FS-0iTD 的刀具补偿号用 T 代码直接指定，故无 H 代码/D 代码显示。

6）通过光标移动键选择编辑内容后，利用 MDI 面板输入数据、按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗。如需要清除该项数据，可在选择软功能键〖状态〗后，按软功能键〖清除〗。如果需要将刀具标志为“跳过”状态，光标可定位在该刀具数据输入的任意栏，然后选择软功能键〖状态〗、按软功能键〖跳跃〗，该刀具即被设定为“跳过”状态。

7）如需要在本组内增加新的刀具，可以将光标定位到上一把刀具数据的任意栏上，利用 MDI 面板输入刀具号、按软功能键〖插入〗。

如需要删除某一刀具，可以将光标定位到需要删除刀具数据的任意栏上，按软功能键〖删除〗后，选择软功能键〖(光标)〗，光标指示所在的刀具即被删除。

如需要删除本组的全部刀具，可在按软功能键〖删除〗后，选择软功能键〖组〗、并按软功能键〖执行〗。

8.3.9　误操作保护设定

误操作保护是FS-0iD新增的功能，它可以预防操作者因操作、设定错误而引起的故障，提高系统可靠性。误操作保护包括数据设定保护和程序执行保护两方面内容，其使用方法和操作步骤分别如下。

1. 数据设定保护

数据设定保护功能包括如下内容：

1）输入数据范围检查：可以通过对设定数据允许输入范围的设定，防止由于误操作引起的数据超范围输入。输入数据范围检查对刀具补偿值、工件坐标系零点偏移（包括FS-0iTD的*Y*轴刀偏、工件坐标系偏移）的MDI设定以及G10指令输入有效。当MDI设定输入超过允许范围时，CNC将显示“数据超限”操作出错提示信息，并阻止错误数据的输入；当G10指令输入超过允许范围时，CNC将显示报警“PS0334：输入值超出有效范围”。

2）增量输入再确认：可在操作者选择软功能键〖(操作)〗、用〖+输入〗进行增量数据输入时，显示再确认提示信息，以防止绝对数据被作为增量值输入。例如，当数据设定项原来的值为10.0时，在MDI输入5.0后，按软功能键〖+输入〗，CNC将自动出现再确认提示信息“15.0输入OK?”等。增量输入再确认对刀具补偿值、工件坐标系零点偏移、基本设定数据、CNC参数、螺距误差补偿数据（包括FS-0iTD的*Y*轴刀偏、工件偏移、卡盘和尾架保护）的MDI设定有效。

3）绝对输入软功能键禁止：可以禁止利用软功能键〖(操作)〗、〖输入〗所进行的绝对数据输入操作，使得绝对数据只能通过MDI面板的编辑键【INPUT】输入，防止增量数据输入软功能键〖+输入〗和绝对数据输入软功能键〖输入〗的混淆。绝对输入禁止对刀具补偿值、工件坐标系零点偏移（包括FS-0iTD的*Y*轴刀偏、工件偏移）的MDI设定以及G10指令输入有效。

4）程序删除再确认：可以在操作者选择程序删除操作时，显示提示信息“程序是否删除?”，并需要通过再次确认，才能执行程序删除操作。

5）全部数据删除再确认：可以在操作者选择所有数据删除操作时，显示提示信息“将所有数据清除为0吗?”，并需要通过再次确认，才能执行所有数据删除操作。全部数据删除再确认对刀具补偿值（包括FS-0iTD的*Y*轴刀偏）的删除操作有效。

6）数据更新再确认：可以在操作者利用MDI设定数据后，显示数据更新确认软功能键〖取消〗、〖执行〗，通过〖取消〗可撤销输入，利用〖执行〗可以更新数据。

2. 程序执行保护

程序执行保护功能包括如下内容：

1）模态代码更新显示：可以在模态信息显示项中，突出显示被加工程序指令或RESET操作所更新的模态代码，防止误操作。

2）程序段执行检测：如果PMC→CNC的信号STCHK（G0408.0）为“1”，程序自动

运行时，可在程序段执行之前，先显示模态代码和剩余移动量，程序段的执行需要按循环启动键才能实现。

3）坐标轴状态显示：可以在显示位置的坐标轴名前，增加轴工作状态标记，这些标记包括：轴撤销“D”、轴互锁“I”、机床锁住“L”、伺服关闭“S”、轴运动中“＊”、镜像加工“M”等。

4）中途启动再确认：可以对光标定位在加工程序中间段的自动运行启动操作，显示提示信息“从程序中间位置开始（开始/复位）”，并通过再确认操作，启动自动运行。防止误操作引起的中间程序段启动。

5）执行数据范围检查：可以检查程序执行时涉及的补偿、偏置值范围，防止数据错误所引起的加工不正确。当程序执行数据超过允许范围时，CNC 将显示报警“PS0334：输入值超出有效范围”。执行数据范围检查对刀具补偿值、工件坐标系零点偏移（包括 FS-0iTD 的 *Y* 轴刀偏、工件坐标系偏移）有效。

6）最大增量值检查：可以通过程序指令 G91.1 X□□□（或 *Y*、*Z* 等），规定加工程序中的增量指令最大值，当增量值超过最大值时，CNC 显示报警“PS0337：超过最大增量值”。如指令 G91.1 X0（或 *Y*、*Z* 等），则功能无效。

7）运行时的复位警示：当 CNC 参数 PRM3402.6 设定为“0”时，如果在程序自动时进行了复位操作或按了 MDI 面板上的编辑键【CAN】，模态指令将恢复到程序执行前的状态。如 CNC 参数 PRM10334.0 设定为“1”，本功能可在执行以上操作时，使 CNC 显示图 8.3-25 所示的操作提示信息“程序段中断导致模式改变”。

图 8.3-25　运行时复位的警示信息显示

3. 保护功能的选择

选择误操作保护功能的操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式、按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示。

2）按软功能扩展键、显示软功能键〖误操作〗，按该键显示图 8.3-26 所示的误操作保护功能设定页面。

3）用 MDI 面板的光标移动键【→】、【←】，选择需要设定的功能选项，光标定位在选择框上。

4）按软功能键〖(操作)〗，显示操作软功能键〖ON：1〗、〖OFF：0〗，如需要生效功能，按软功能键〖ON：1〗，使选择框显示为☑；如需要撤销功能，则按软功能键〖OFF：0〗，选择框显示为□。

如需要进行输入数据范围检查、执行数据范围检查的功能设定，继续以下操作。

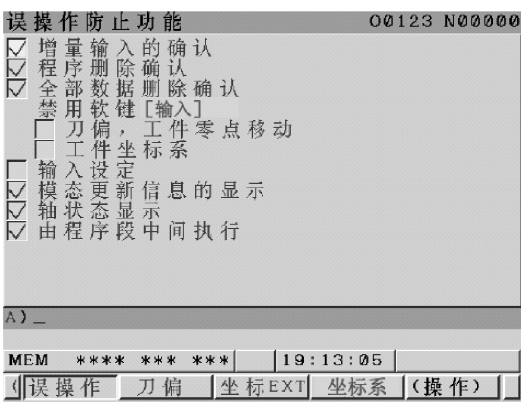


图 8.3-26　误操作防止功能设定

4. 刀具补偿数据范围设定

如需要进行刀具补偿数据范围的设定，在以上误操作保护功能选择操作的基础上，继续以下操作：

5）按软功能键〖刀偏〗，LCD 显示图 8.3-27 所示的刀偏上/下限设定页面。刀具补偿数据显示有多页，其显示内容根据 CNC 参数 PRM8136.6 所选择的刀具补偿类型有所区别，例如，在 FS-0iMD 上，如设定 PRM8136.6 = 0、选择刀具补偿 C 时，可显示刀具长度、半径及长度磨损、半径磨损的设定页面；而在设定 PRM8136.6 = 1、选择刀具补偿 A 时，则只能显示刀具长度、长度磨损的设定页面等，有关内容可参见 8.3.5、8.3.7 节。



图 8.3-27　刀具补偿数据范围设定

图 8.3-27 显示页中各栏的含义如下。

FROM/TO：刀具补偿数据的输入范围以分组的形式设定，FS-0iD 最大可以设定 20 组，同一组应使用同样的上/下限值。FROM 栏设定的是对应组刀具补偿数据的起始刀补号；TO 栏设定的是对应组刀具补偿数据的结束刀补号。但是，如果刀具补偿号设定重复，或超过 20 组，或补偿号设定为 0 时，则数据范围设定功能将成为无效。

上/下限值：对应组刀具补偿数据的最大/最小输入值。但如果设定的下限值超过上限，则数据范围设定功能将无效。

6）通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】或光标移动键【→】、【←】选定数据输入位置。

7）利用 MDI 面板的数字键输入相应栏的数值，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或操作软功能键〖输入〗，设定数据。

在 FS-0iTD 上，还可以通过同样的方法，通过扩展菜单上的软功能键〖刀偏.2〗，选择图 8.3-28a 所示的 *Y* 轴偏置数据范围设定页面；以及通过软功能键〖工件偏〗，选择图 8.3-28b所示的工件偏移数据范围设定页面；数据设定的操作步骤和设定要求与上述的刀具

补偿数据相同。*Y* 轴偏置数据最大可以指定 4 组；工件偏移数据可设定 1 组，各坐标轴可独立设定上/下限。



图 8.3-28 FS-0iTD 的刀具补偿数据范围设定

a）*Y* 轴偏置 b）工件偏移

5. 工件坐标系零点偏置范围设定

如需要进行工件坐标系零点偏置范围的设定，在以上误操作保护功能选择操作的基础上，继续以下操作。

5）按软功能键〖坐标系〗（或〖工件坐标系〗），LCD 显示图 8.3-29 所示的工件坐标系零点偏置上/下限设定页面。工件坐标系零点偏置数据显示有多页，显示页中各栏的含义如下。

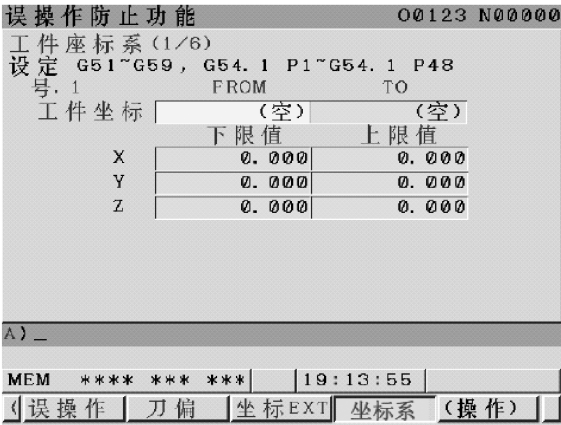


图 8.3-29 工件坐标系零点偏置范围设定

FROM/TO：工件坐标系零点偏置数据的输入范围以分组的形式设定，FS-0iD 最大可以设定 6 组，同一组应使用同样的上/下限值。FROM 栏设定的是对应组工件坐标系的起始编号；TO 栏设定的是对应组工件坐标系的结束编号。但是，如果工件坐标系编号设定重复，或超过 6 组，或编号设定为 0 时，则数据范围设定功能将成为无效。

上/下限值：对应组工件坐标系零点偏置数据的最大/最小输入值。但如果设定的下限值超过上限，则数据范围设定功能将无效。

6）通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】或光标移动键【→】、【←】选定数据输入位置。

7）利用 MDI 面板的数字键输入相应栏的数值，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或操作软功能键〖输入〗，设定数据。



9.1 系统显示与设定

9.1.1 基本说明

1. 基本内容

CNC 的调试及维修操作需要在 CNC 系统显示模式下进行。在系统显示模式下，操作者可通过 MDI/LCD 面板和集成的数据输入/输出接口，进行如下操作：

1）进行 CNC、伺服、主轴等 CNC 基本参数的显示、设定和调整。

2）设定 CNC 的存储卡接口、RS232C 串行接口或以太网接口、FROFIBUS 网络接口、FL-net 网络接口、DEVICENET 网络通信参数，并通过以上接口，进行 CNC 数据的输入/输出操作。

3）利用 LCD 显示和检查 CNC 系统信息、诊断信息、报警信息、外部操作信息、定期维护信息等。

4）利用 FS-0iD 集成的 PMC 编辑器，进行 PMC 的参数设定、梯形图编辑、Power Mate 管理器显示与设定等。

5）利用 FS-0iD 集成的 PMC 编辑器，进行 I/O 信号状态、动态梯形图、信号时序图的显示与监控等。

由于 CNC 系统显示与设定的内容较多，本章将重点介绍与 CNC 调试操作，有关 CNC 维修操作的内容将在第 10 章继续介绍。

2. 操作概述

CNC 的系统显示模式，可通过按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择。在系统显示模式下，操作可利用表 9.1-1 所示的软功能键，选择 LCD 显示内容并进行相关的设定操作。

表 9.1-1　系统显示和设定操作一览表

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作
	英文	中文(8.4in)		
1-1	〖PARAM〗	〖参数〗	CNC 参数	CNC 参数的显示和设定
1-2	〖DGNOS〗	〖诊断〗	CNC 诊断信息	CNC 诊断信息显示
1-3	—	—	—	—
1-4	〖SYSTEM〗	〖系统〗	系统配置信息	系统配置信息的显示和设定

（续）

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作
	英文	中文(8.4in)		
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
2-1	—	—	—	—
2-2	〖PITCH〗	〖螺补〗	螺距补偿参数	螺距补偿值的显示和设定
2-3	〖SV. SET〗	〖SV 设定〗	伺服设定参数	伺服设定参数的显示、设定和调整
2-4	〖SP. SET〗	〖SP 设定〗	主轴设定参数	主轴设定参数的显示、设定和调整
2-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
3-1	〖W. DGNS〗	〖波形诊断〗	位置速度转矩波形	位置、速度、转矩波形的显示和设定
3-2	〖ALL IO〗	〖所有 IO〗	数据输入/输出	数据输入/输出显示和操作
3-3	—	—	—	—
3-4	〖OPEHIS〗	〖操作历〗	操作履历	操作履历显示
3-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
4-1	〖PMCMNT〗	〖PMC 维修〗	PMC 维修信息	I/O 信号状态显示、PMC 参数设定和时序图监控等
4-2	〖PMCLDA〗	〖PMC 梯图〗	梯形图显示	PMC 梯形图的显示与编辑
4-3	〖PMCCNF〗	〖PMC 配置〗	PMC 配置信息	PMC 配置信息的显示与设定
4-4	〖PM. MGR〗	〖PM. MGR〗	Power Mate 管理器(扩展选件)	Power Mate 管理器的显示与设定
4-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
5-1	〖COLOR〗	〖颜色〗	颜色设定信息	颜色设定信息的显示与设定
5-2	〖MAINTE〗	〖维修〗	定期维护信息	定期维护信息的显示与设定
5-3	〖M-INFO〗	〖M-INFO〗	维修信息	维修信息的显示
5-4	—	—	—	—
5-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
6-1	—	—	—	—
6-2	〖FSSB〗	〖FSSB〗	FSSB 网络信息	FSSB 网络配置与设定
6-3	〖PRMSET〗	〖PRM 设〗	CNC 参数快捷设定	快捷设定 CNC 工作必需的基本参数
6-4	—	—	—	—
6-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
7-1	〖EMBED〗	〖内嵌〗	内置以太网卡信息	内置以太网卡的显示与设定、通信状态监控等
7-2	〖PCMCIA〗	〖PCMCIA〗	PCMCIA 以太网卡信息(扩展选件)	PCMCIA 以太网卡的显示与设定、通信状态监控等
7-3	〖ETHBRD〗	〖内嵌板〗	快速以网卡和数据服务器卡信息(扩展选件)	快速以网卡和数据服务器卡信息的显示与设定、通信状态监控等
7-4	〖FL-net〗	〖FL-net〗	FL-net 网卡信息(扩展选件)	FL-net 网络信息的显示与设定、通信状态监控等

（续）

页面-键序	软 功 能 键		显 示 内 容	显示和操作
	英文	中文(8.4in)		
7-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
8-1	〖RMTDIAG〗	〖远程诊断〗	远程诊断信息	远程诊断信息的显示与设定
8-2	〖M-TUN〗	〖M-TUN〗	加工参数调整	加工参数调整显示与设定
8-3	—	—	—	—
8-4	—	—	—	—
8-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
9-1	〖ID-INF〗	〖ID 信息〗	ID 信息	ID 信息显示
9-2	—	—	—	—
9-3	〖MEMORY〗	〖存储器〗	CNC 存储器显示	显示存储器内容
9-4	—	—	—	—
9-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示
10-1	〖PROF. M〗	〖PROF. M〗	PROFIBUS 主站信息(扩展选件)	PROFIBUS 主站显示与设定、通信状态监控等
10-2	〖PROF. S〗	〖PROF. S〗	PROFIBUS 从站信息(扩展选件)	PROFIBUS 从站显示与设定、通信状态监控等
10-3	〖DNET. M〗	〖DNET. M〗	DEVICENET 主站信息(扩展选件)	DEVICENET 主站显示与设定、通信状态监控等
10-4	〖DNET. S〗	〖DNET. S〗	DEVICENET 从站信息(扩展选件)	DEVICENET 从站显示与设定、通信状态监控等
10-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	—	操作软功能键显示

9.1.2　CNC 参数显示和设定

1. CNC 参数显示

CNC 是用于数控机床控制的通用控制装置，它可用于不同要求、不同规格的机床控制。为了使得 CNC 能够满足特定机床的控制要求，需要通过 CNC 参数来选择功能、规定动作、确定范围等。因此，CNC 参数需要根据 CNC 所选择的功能和机床的控制要求，由机床生产厂家进行设定；改变 CNC 参数，可能导致 CNC 功能、机床动作发生变化，机床使用者可以通过 MDI/LCD 面板，检查 CNC 参数的设定情况，但原则上不应改变其设定。参数显示的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】、选择系统显示模式。

2）按软功能键〖参数〗，LCD 将显示图 9.1-1 所示的 CNC 参数显示页面。

在 CNC 内部，参数按照参数号依次排列，操作者可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择所需要的参数。由于 CNC 参数众多，为了简化操作，操作者也可通过以下操作直接查看指定的参数。

3）用 MDI 面板输入需要查看的参数号，按软功能键〖搜索号码〗，LCD 将直接切换到

该参数所在的显示页，光标定位在指定的参数上。

图9.1-1 所示的参数显示页面的第2行为参数输入方式显示，当显示为“设定”时，代表此页参数为CNC“设定参数”。设定参数可以直接输入或修改，无需进行下述参数设定使能操作；设定参数还可通过按MDI面板的功能键【OFS/SET】、在偏置/设定显示模式下显示和设定，有关内容可参见第8章、8.3节。

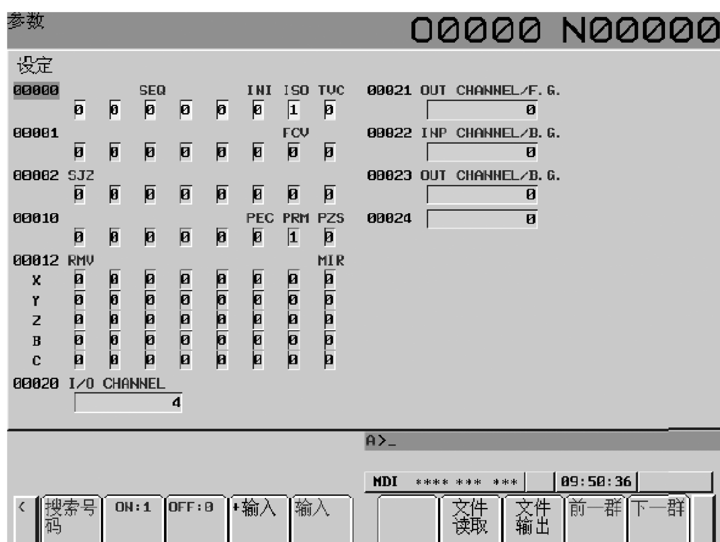


图9.1-1　CNC参数显示

2. 参数设定使能

在CNC调试与维修时，需要进行CNC参数的设定。除CNC设定参数外，其他CNC参数在正常情况下均处于写入保护状态。设定写入保护的CNC参数时，需要先通过CNC的数据显示和设定操作，取消参数保护功能。参数设定使能的操作步骤如下：

1）选择MDI操作方式或使CNC进入急停状态，生效MDI操作方式。

2）按MDI面板的功能键【OFS/SET】选择偏置/设定显示模式，并按软功能键〖设定〗，LCD将显示图9-1.2所示的“设定参数”显示页面。

3）用MDI面板的光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到“写参数”的输入框。

4）按软功能键〖(操作)〗后，在操作菜单上选择软功能键〖ON：1〗，使得参数输入成为允许状态。此时，CNC将显示报警SW0100，这一报警不影响参数的设定，可继续进行下述的参数设定操作。

3. 参数设定

当参数设定使能、CNC显示SW0100报警后，便可通过MDI/LCD面板，进行CNC参数的输入或修改，其操作步骤如下：

1）按MDI面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式、用软功能键〖参数〗

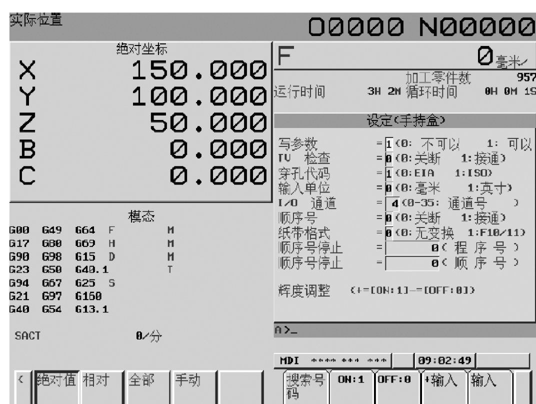


图9.1-2　CNC设定参数显示

选择参数显示。

2）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，或输入需要查看的参数号、按软功能键〖搜索号码〗，选择需要设定的参数号。

3）用 MDI 面板的数字键输入数值后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗、〖+输入〗，输入或增量修改参数设定值。当需要通过 CNC 电源 OFF/ON 生效的参数被修改时，LCD 将显示报警“PW0000”，报警同样不影响后续参数的设定操作，可继续进行下一步操作。

4）重复步骤 2）、3），完成其他参数的设定。如果需要连续设定多个参数的值，可将光标定位在输入起始位置，并通过 MDI 面板输入参数值+【EOB】、参数值+【EOB】、…，然后按编辑键【INPUT】，进行一次性输入。输入连续参数值时，参数值 0 可以省略，相同的参数值可以通过“=”代替。

例如，当需要对光标定位位置起的三个连续参数的参数值进行设定时，如通过 MDI 面板输入 1、2、3、4、【EOB】、5、6、7、8、【EOB】、9、9、9、9、【INPUT】时，可将参数值分别设定为 1234、5678、9999；如输入 1、2、3、4、【EOB】、【EOB】、9、9、9、9、【INPUT】，则可将参数值设定为 1234、0、9999；如输入 1、2、3、4、【EOB】、=、【EOB】、=、【INPUT】，则可将参数值设定为 1234、1234、1234 等。

5）按 MDI 面板的功能键【OFS/SET】、选择偏置/设定显示模式，并按软功能键〖设定〗，显示图 9-1.2 所示的设定参数显示页面。

6）用 MDI 面板的光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到“写参数”的输入框后，按软功能键〖(操作)〗、并选择软功能键〖OFF：0〗，使参数输入重新成为保护状态。

7）按 MDI 面板的【RESET】键，清除报警 SW0100。如需要 CNC 电源 OFF/ON 生效的参数被修改、LCD 显示报警“PW0000”，则关闭 CNC 电源、重新启动 CNC。

CNC 参数也可通过后述 9.3 节的 CNC 数据输入/输出操作，用存储卡或计算机进行一次性输入；对于保证 CNC 工作必需的基本 CNC 参数，还可通过 9.2 节所述的 CNC 参数快捷设定操作进行显示与快速设定。

9.1.3　螺补参数显示和设定

1. 功能说明

CNC 的螺距误差补偿简称“螺补”，它是通过 CNC 对坐标轴指定点定位位置的调整，补偿滚珠丝杆、蜗轮/蜗杆、传动齿轮等机械传动部件加工误差的一种功能。

FS-0iD 的螺距误差补偿采用的是图 9.1-3 所示的固定间隔分区补偿方式，两个相邻的间隔点为一补偿区，补偿区的定位点都使用同一补偿值，不同补偿区的补偿值可不同。机床参考点是螺距误差补偿的基准点，不使用双向螺距误差补偿功能时，参考点的螺距误差补偿值规定为 0；使用双向螺距误差补偿功能时，对于反向运动，参考点可以设定补偿值。

螺距误差补偿通常需要利用激光干涉仪事先测量、并通过统计分析计算出坐标轴全行程的定位误差，然后，根据误差分布曲线确定各补偿区的补偿值。由于螺距误差补偿将直接影响机床的定位精度，因此，这一操作通常在机床生产厂家调试或用户机床大修时，由专业人员进行，机床操作者原则上不应改变螺距误差补偿参数的设定值。

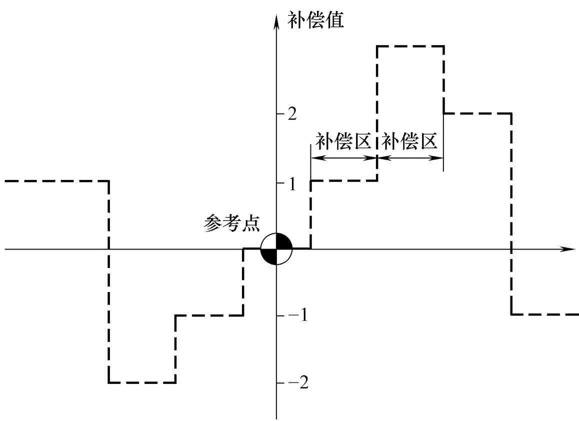


图 9. 1-3　FS-0iD 螺距误差补偿

2. 相关参数

螺距误差补偿需要通过 CNC 参数定义补偿点、补偿区、补偿值、参考点位置、行程终点等，相关的 CNC 参数见表 9. 1-2 所示，不同坐标轴的补偿区原则上不能重叠。

表 9. 1-2　螺距误差补偿参数一览表

参数号	意　　义	参 数 设 定
8135. 0	螺距误差补偿功能设定	0：螺距误差补偿功能有效；1：功能无效
3605. 0	双向误差补偿功能	1：双向螺距误差补偿有效；0：功能无效
3620	参考点位置	轴参考点所对应的螺距补偿点号
3621	负向补偿终点	负向终点对应的螺距补偿点号（双向补偿时为正向运动的负终点）
3622	正向补偿终点	正向终点对应的螺距补偿点号（双向补偿时为正向运动的正终点）
3623	补偿值倍率	可以将补偿值按此倍率放大，输入范围 −7 ~ 7
3624	相邻补偿点的间隔	设定补偿区的大小
3625	回转轴一周的移动量	回转轴一周的移动量 = 补偿间隔 × 补偿点数
3626	反向运动负向终点	双向补偿用，反向运动时负终点对应的螺距补偿点号
3627	反向运动参考点补偿值	双向补偿用，参考点的误差补偿值

以上 CNC 参数的显示和设定方法和其他 CNC 参数相同，其操作步骤可参见 9. 1. 2 节。

3. 补偿值显示和设定

CNC 的螺距误差补偿值需要在专门的螺距误差补偿值显示页面显示和设定，其操作步骤如下：

1）利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能；按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式、通过软功能扩展键，显示软功能键〖螺补〗。

2）按软功能键〖螺补〗，LCD 将显示图 9. 1-4 所示的螺距误差补偿值显示页面。

3）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，或输入需要查看的补偿点号、按软功能键〖搜索号码〗，选择需要设定的补偿点。

4）用 MDI 面板的数字键输入数值后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输

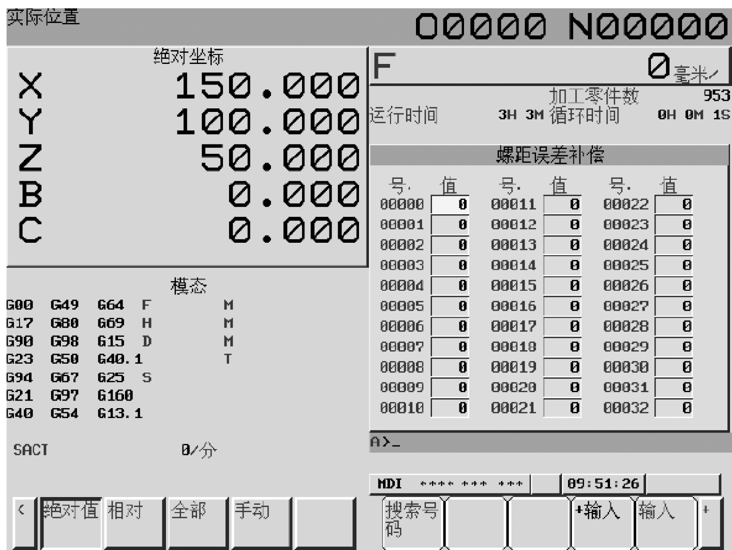


图 9.1-4　螺距误差补偿值显示

入〗、〖+输入〗，输入或增量修改参数设定值。

9.1.4　伺服设定与调整

1. 伺服设定

利用 CNC 的伺服设定功能，可简单地进行伺服驱动系统主要参数的显示与设定，这是一种用于伺服参数检查和伺服调试的快捷操作方式。伺服设定功能在 CNC 参数 PRM3111.0 设定为“1”时有效，其操作步骤如下：

1）利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能；按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式、通过软功能扩展键，显示软功能键〖伺服设定〗（或〖SV 设定〗）。

2）按软功能键〖伺服设定〗后，再选择〖伺服设定〗（或〖SV 设定〗），在 CNC 参数 PRM13117.2 设定为“0”时，LCD 将显示图 9.1-5 所示的伺服设定页面；如需要，可通过后述的操作，选择传统的伺服设定参数输入显示页面。如 CNC 参数 PRM13117.2 设定为“1”，则只能显示后述的传统伺服设定参数输入显示页面（参见图 9.1-7）。

3）伺服设定页面按坐标轴分组显示，按软功能键〖轴改变〗可选择需要显示和设定的坐标轴。

4）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的伺服参数。

5）用 MDI 面板的数字键输入数值后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗、〖+输入〗，输入或增量修改参数设定值。

伺服设定参数中的“电机旋转方向”、编码器反馈的“方向转变”参数，在中文显示时的显示为“CW/CCW”、“有/无”，它们可通过以下两种方法设定：

方法 1：利用 MDI 面板输入数值“1”，按编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，可以选择电机旋转方向栏的“CW”或编码器反馈的方向改变栏的“有”；输入数值“0”，按编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，则可选择电机旋转方向栏的“CCW”或编码器反馈的

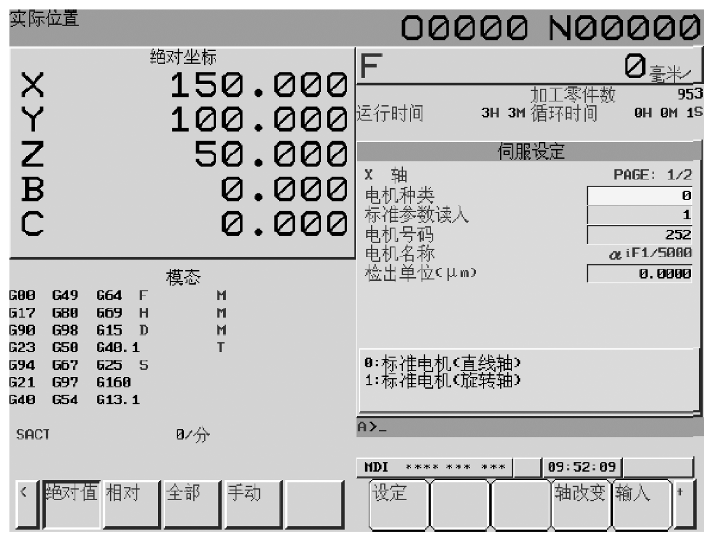


图 9.1-5 伺服设定显示

方向改变栏的“无”。输入数值错误时，LCD 将显示空白框。

方法 2：选定参数后，按软功能键〖(操作)〗，可显示图 9.1-6 所示的参数输入操作软功能键，然后，利用软功能键〖CW〗、〖CCW〗改变电机旋转方向栏的“CW/CCW”；或利用软功能键〖有〗、〖无〗，改变编码器反馈的方向转变栏的“有/无”。

6）重复步骤 3）~5），完成其他参数的设定。

7）全部参数设定完成后，按软功能键〖设定〗，CNC 将自动计算并完成相关 CNC 参数的设定。如果参数设定正确，完成后软功能〖设定〗将自动隐藏，并在重新设定时再次显示。如果参数设定错误，LCD 将显示警示信息“设定值有误”，光标将自动定位到出错的输入栏，这时，可直接进行参数的重新设定，完成后再次按软功能键〖设定〗。

2. 伺服设定参数输入显示

由于 FS-0iD 的伺服设定显示与 FS-0iC 等 CNC 有所不同，如需要，也可以在 LCD 显示图 9.1-5 所示的伺服设定页面时，通过以下操作切换到传统的伺服参数设定页面：

1）按软功能键〖(操作)〗，并通过软功能扩展键，显示软功能键〖切换〗。

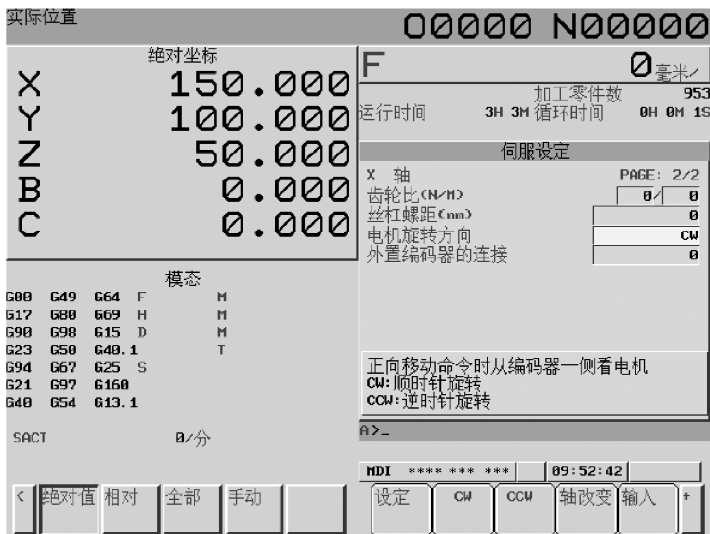
2）按软功能键〖切换〗，LCD 将切换到传统的伺服参数设定页面，显示图 9.1-7 所示的伺服设定参数输入和显示页面。

在伺服设定参数输入显示页面上，可通过 FS-0iC 同样的方式，进行伺服参数的显示和设定操作。如按软功能键〖切换〗，则可重新切换到图 9.1-5 所示的伺服设定页面。但是，如果 CNC 参数 PRM13117.2 设定为“1”，则只能显示图 9.1-7 所示的传统伺服设定参数输入显示页面。

3. 伺服调整操作

在数控机床调试或维修时，可通过 CNC 的伺服设定引导操作，简单完成伺服驱动系统的快速、自动调整。伺服自动调整功能在 CNC 参数 PRM3111.0 设定为“1”时有效，其操作步骤如下：

1）利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能。



a)



b)

图 9.1-6　参数输入操作功能键显示

a）电机旋转方向　b）编码器反馈方向

2）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，显示软功能键〖伺服设定〗（或〖SV 设定〗）。

3）按软功能键〖伺服设定〗后，按〖伺服调整〗（或〖SV 调整〗）软功能键，LCD 将显示图 9.1-8 所示的伺服调整页面。

在此页面上，便可实施伺服设定引导操作，完成伺服驱动系统的快速、自动调整。伺服设定引导操作需要设定电机代码、电子齿轮比、参考点计数器容量、功能位等参数，并需要按规定的步骤进行，有关伺服设定引导操作的方法，可参见与本书配套出版的《FANUC-0iD 调试与维修》一书。



图 9. 1-7　伺服设定参数输入显示

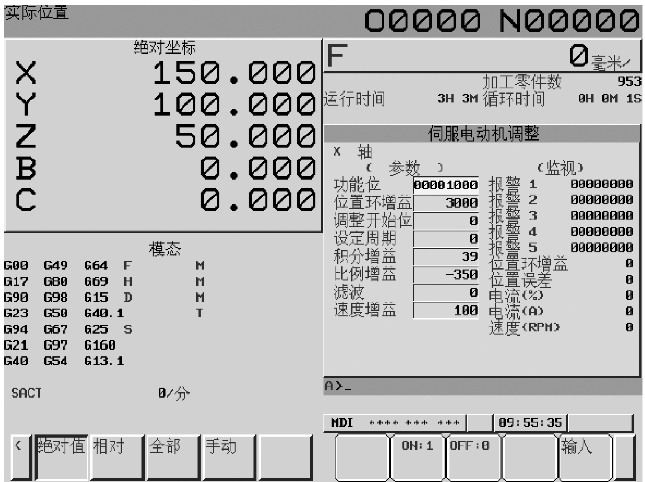


图 9. 1-8　伺服调整显示

9. 1. 5　主轴设定与调整

1. 主轴设定

主轴设定用于 FANUC 串行主轴的参数显示与设定，这是一种用于主轴参数检查和调试的快捷操作方式。主轴设定功能在 CNC 参数 PRM3111. 1 设定为“1”时有效，其基本操作步骤如下：

1）利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能；按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式、通过软功能扩展键，显示软功能键〖主轴设定〗（或〖SP 设定〗）。

2）按软功能键〖主轴设定〗后，再选择〖主轴设定〗（或〖SP 设定〗），在 CNC 参数 PRM13118. 2 设定为“0”时，LCD 将显示图 9. 1-9 所示的主轴设定页面；如需要，可通过后述的操作，选择传统主轴设定参数输入显示页面（参见图 9. 1-12）。如 CNC 参数

PRM13118.2 设定为“1”，则只能显示传统主轴设定参数输入显示页面。

图 9.1-9　主轴设定显示

3）主轴设定页面按主轴分组显示，在多主轴控制的 CNC 上，可通过按〖(操作)〗软功能键，在操作功能键显示菜单上，按〖主轴改变〗（或〖SP 改变〗），选择需要显示和设定的主轴。

4）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的主轴参数。

5）用 MDI 面板的数字键输入数值后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，输入参数设定值。

主轴电机型号栏应输入主轴电机的代码，电机代码可在光标选择电机型号输入框后，按软功能键〖代码〗、显示图 9.1-10 所示的电机一览表页面，查得代码后，按软功能键〖返回〗，回到主轴设定显示页面，然后用 MDI 面板的数字键和软功能键〖输入〗或编辑键【INPUT】输入。也可通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，在电机一览表上选定所使用的电机和驱动器，然后按软功能〖选择〗直接输入；但是，对于电机一览表没有列出的电机型号输入，则需要根据 FANUC 说明书查得电机代码后，利用 MDI 面板的数字键和软功能键〖输入〗或编辑键【INPUT】输入。

主轴设定参数中的“编码器种类”、主轴定向准停用接近开关的信号上升/下降沿选择（LCD 上的显示为“临近开关检测边缘”）、“电机旋转方向”、“编码器旋转方向”等栏的参数，可通过以下两种方法设定。

方法 1：利用 MDI 面板输入数值“1”或“0”，按编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，改变参数设定；

方法 2：选定参数后，按软功能键〖(操作)〗，可显示图 9.1-11 所示的参数输入操作软功能键，然后，利用软功能键〖ON：1〗/〖OFF：0〗或〖反方向〗/〖正方向〗改变参数设定。

6）重复步骤 3）~4），完成其他参数的设定。



图 9.1-10 电机一览表显示

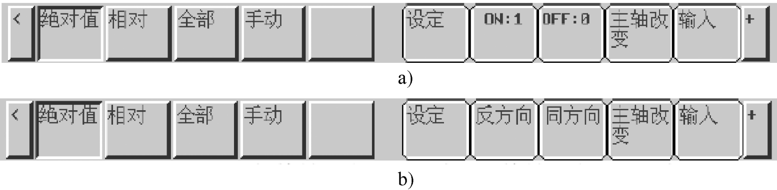


图 9.1-11 主轴参数输入操作软功能键显示

a）编码器种类和接近开关边沿选择 b）电机和编码器旋转方向选择

参数设定完成后，按软功能键〖设定〗，CNC 将自动计算相关的主轴 CNC 参数，计算完成后，可通过重新启动 CNC，完成主轴参数的自动设定。

2. 主轴设定参数输入显示

由于 FS-0iD 的主轴设定显示与 FS-0iC 等 CNC 有所不同，如需要，也可以在图 9.1-9 所示的主轴设定页面显示时，按软功能键〖(操作)〗、并通过软功能扩展键，显示软功能键〖切换〗，按〖切换〗键显示图 9.1-12 所示的传统主轴设定参数输入显示页面。

利用主轴设定参数输入显示页面，可通过 FS-0iC 同样的方式，进行主轴参数的显示和设定操作。如按软功能键〖切换〗，则可重新切换到图 9.1-9 所示的主轴设定页面。但是，如果 CNC 参数 PRM13118.2 设定为“1”，则只能显示图 9.1-12 所示的传统主轴设定参数输入显示页面。

3. 主轴调整操作

在数控机床调试或维修时，可通过 CNC 的主轴设定引导操作，简单完成主轴驱动系统的快速、自动调整。主轴自动调整功能在 CNC 参数 PRM3111.1 设定为“1”时有效，其操作步骤如下：

1）利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能。

2）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，显示



图 9. 1-12　主轴设定参数输入显示

软功能键〖主轴设定〗(或〖SP 设定〗)。

3）按软功能键〖伺服设定〗后，按〖主轴调整〗（或〖SP 调整〗）软功能键，LCD 将显示图 9. 1-13 所示的主轴调整页面。

在主轴调整页面显示后，便可实施主轴设定引导操作，完成主轴驱动系统的快速、自动调整。主轴设定引导操作需要设定主轴运行方式、传动级、额定电压等参数，并需要按规定的步骤进行，有关主轴设定引导操作的方法，可参见与本书作者编写的《FANUC-0iD 调试与维修》一书。



图 9. 1-13　主轴调整显示

4. 主轴监控

在数控机床调试或维修时，可通过 CNC 的主轴监控功能，在 LCD 上显示主轴转速、主电机转速、主轴负载以及主轴的 I/O 控制信号等状态数据。主轴监控功能在 CNC 参数

PRM3111.1 设定为“1”时有效，并可以在 CNC 任何操作方式下显示，主轴监控显示的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）通过软功能扩展键，显示软功能键〖主轴设定〗(或〖SP 设定〗)。

3）按软功能键〖伺服设定〗后，按〖主轴监视〗（或〖SP 监视〗）软功能键，LCD 将显示图 9.1-14 所示的主轴监控页面，并显示实际主轴和主电机转速、主轴负载表以及当前生效的 I/O 控制信号。

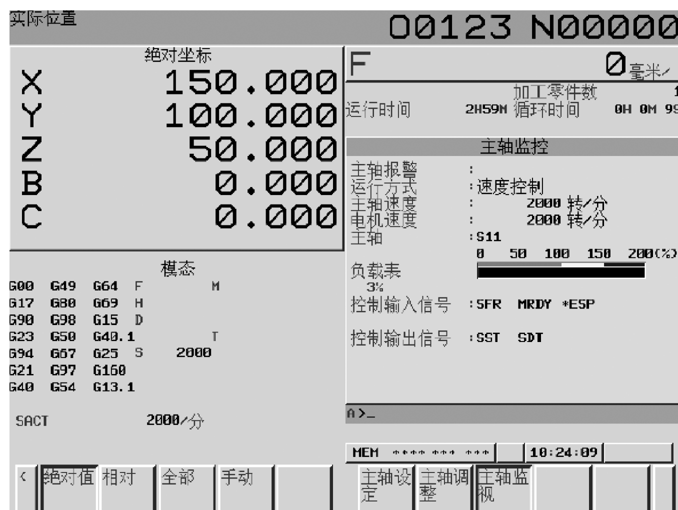


图 9.1-14　主轴监控显示

9.1.6　显示器颜色和屏幕保护

1. 颜色设定

FS-0iD 使用的是彩色 LCD，显示画面上各部分的颜色可以在选择【SYSTEM】后，利用系统设定改变。颜色设定的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，显示软功能键〖颜色〗。

2）按软功能键〖颜色〗后，LCD 将显示图 9.1-15 所示的颜色设定页面。

3）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择需要改变颜色的项目，光标定位到项目序号上。

4）按软功能键〖(操作)〗，显示图 9.1-16 所示的颜色设定软功能键，在 8.4inLCD 上，可以通过软功能扩展键，切换软功能键显示。

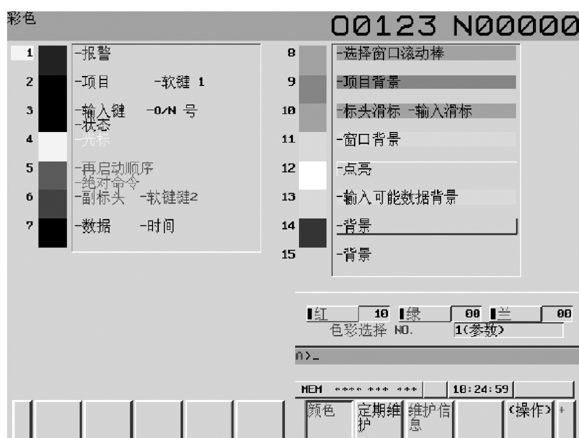


图 9.1-15　颜色设定显示



图 9. 1-16　颜色设定软功能键显示

5）根据需要，可通过按软功能键〖红〗或〖绿〗、〖蓝〗选定颜色，然后，按软功能键〖亮〗或〖暗〗，调整所选色素的亮度、改变颜色（当前颜色可通过后述的操作保存到 CNC 存储器上）；或直接按软功能键〖颜色 1〗或〖颜色 2〗、〖颜色 3〗，选择保存在 CNC 存储器上的颜色，并通过后述的操作将其应用到当前项目上。

将所设定的颜色保存到 CNC 存储器的操作如下：

1）通过上述步骤 5），完成〖红〗或〖绿〗、〖蓝〗色素的亮度设定后，按软功能键〖颜色 1〗或〖颜色 2〗、〖颜色 3〗，选择 CNC 存储区域，其中，颜色 1 保存在 CNC 参数 PRM6581 ~ PRM6595 上；颜色 2 保存在 CNC 参数 PRM10421 ~ PRM10435 上，颜色 3 保存在 CNC 参数 PRM10461 ~ PRM10475 上。

2）按软功能键〖存储〗，LCD 将显示操作软功能键〖取消〗、〖执行〗。选择〖执行〗，调整后的颜色将被保存；选择〖取消〗则放弃颜色保存操作。

将 CNC 保存的颜色应用到显示项目上的操作步骤如下：

1）利用上述步骤 5），通过软功能键〖颜色 1〗或〖颜色 2〗、〖颜色 3〗指定 CNC 存储颜色后，按软功能键〖再调用〗，调用 CNC 存储的颜色设定。

2）软功能键〖再调用〗选择后，LCD 将显示操作软功能键〖取消〗、〖执行〗。选择〖执行〗，指定的颜色将被应用到所选的项目上；选择〖取消〗则放弃颜色选择操作。

2. 屏幕保护

为了延长 LCD 的使用寿命，FS-0iD 可以通过屏幕保护操作或 CNC 参数设定，在不需要进行操作或长时间自动运行时，将 LCD 的显示关闭。

LCD 屏幕自动保护的时间可在 CNC 参数 PRM3123 上设定，参数设定范围为 0 ~ 127min。参数一旦设定，如在设定的时间内，没有进行 MDI 面板、软功能键的任何操作，LCD 将自动关闭。如 PRM3123 设定 0，屏幕自动保护功能无效，这时需要通过手动操作关闭 LCD，进行屏幕保护。

LCD 的手动关闭操作，可在按下 MDI 面板编辑键【CAN】的同时，再按下 MDI 面板上的任意一个功能键实现，例如，同时按下【CAN】、【POS】键，或同时按下【CAN】、【PROG】键，都可以关闭 LCD。手动关闭操作在 CNC 参数 PRM3123 设定为 0 时有效。

LCD 进入屏幕保护后，如果出现如下情况之一，便就能重新恢复显示。

1）按 MDI 面板上的任意键。

2）按任意一个软功能键。

3）按机床操作面板上与 CNC 输入、显示有关的任意键，如操作方式选择键等。

4）CNC 发生报警。

9. 1. 7　加工参数调整

1. 功能说明

加工参数调整功能用于 FS-0iD 先行控制、AI 先行控制、AI 轮廓控制，通过加工参数调

整操作，可设定与精度等级 1 ~ 10 对应的、插补前加速度、S 型加减速时间、拐角减速速度等 CNC 参数的变化范围，精度等级的选择操作可参见第 8 章 8.3 节。

加工调整参数的设定也可通过常规的 CNC 参数设定操作设定，调整参数的含义、调整参数与 CNC 参数的对应关系及 FANUC 出厂初始化值见表 9.1-3 所示。

表 9.1-3 加工调整参数及其意义表

参数中文显示	含 义	FANUC 推荐值		CNC 参数号
BIPL 加速度	插补前 S 型加减速的直线部分加速度	精度级 1(LV1)	4902.0mm/s^2	PRM13610
		精度级 10(LV10)	1042.0mm/s^2	PRM13611
ACC 变化时间(铃型)	插补前 S 型加减速的 S 部分加速时间	精度级 1(LV1)	32ms	PRM13612
		精度级 10(LV10)	64ms	PRM13613
最大加速度	插补后的最大允许加速度	精度级 1(LV1)	2977.0mm/s^2	PRM13620
		精度级 10(LV10)	596.0mm/s^2	PRM13621
T-CON AIPL 加/减速	插补后的加减速时间常数	精度级 1(LV1)	24ms	PRM13622
		精度级 10(LV10)	24ms	PRM13623
拐角速度差值	拐角减速时的最大允许速度差	精度级 1(LV1)	1000mm/min	PRM13624
		精度级 10(LV10)	400mm/min	PRM13625
最大切削速度	最大切削进给速度	精度级 1(LV1)	10000mm/min	PRM13626
		精度级 10(LV10)	10000mm/min	PRM13627
任意项目 1	自定义参数 1(PRM13628 设定)	精度级 1(LV1)	决定于参数	PRM13630
		精度级 10(LV10)	决定于参数	PRM13632
任意项目 2	自定义参数 2(PRM13629 设定)	精度级 1(LV1)	决定于参数	PRM13631
		精度级 10(LV10)	决定于参数	PRM13633

表中的自定义项目 1、2 是由机床生产厂家定义的、2 个随精度等级的调整自动改变的伺服参数，项目所对应的 CNC 参数号设定在 CNC 参数 PRM13628、PRM13629 上。

自定义项目定义的参数不能是二进制“位”参数、主轴参数以及需要断电生效的参数和实数型参数。自定义项目的页面如图 9.1-17 所示，图中定义的参数是加速度反馈增益 PRM2066 和速度观测器参数 PRM2047。

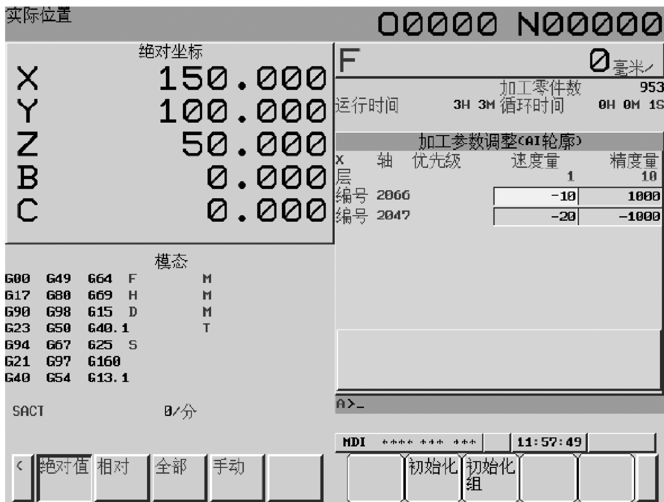


图 9.1-17 自定义项目显示

2. 参数显示与设定

加工参数调整页面的显示和参数设定，在 CNC 参数 PRM13601.0 设定为“1”时有效，其操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式，并利用 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能。

2）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，显示软功能键〖加工调整〗（或〖M-TUN〗）；按该键 LCD 将显示图 9.1-18 所示的加工参数调整显示页面。

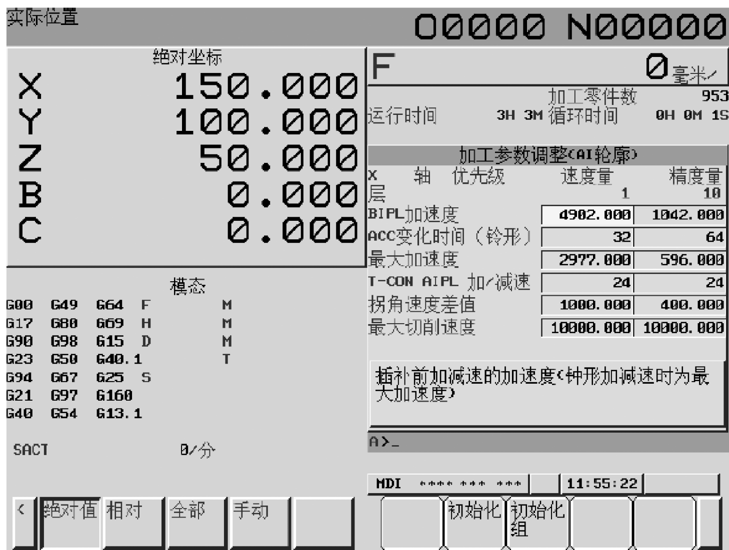


图 9.1-18　加工参数调整显示

3）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的参数。

4）用 MDI 面板的数字键输入数值后，再按 MDI 面板的编辑键【INPUT】，进行参数的设定。或者，按软功能键〖初始化〗、然后选择操作软功能键〖执行〗，直接将 FANUC 出厂设定的初始化值作为参数输入；如果按软功能键〖初始化组〗（或〖GR 初始〗）、并选择操作软功能键〖执行〗，则当前组的所有参数将一次性设定为 FANUC 出厂推荐值。

5）重复步骤 3）、4），完成全部参数的输入。如所输入的参数不正确，LCD 将显示“自动调整失败”警示信息。

9.2　参数快捷设定与调整

9.2.1　基本操作

1. 快捷设定的内容

CNC 参数快捷设定操作主要用于机床调试和维修，通过快捷设定操作，可以简单完成保证机床工作最低要求所需的基本 CNC 参数的设定。

快捷设定的 CNC 参数分为“开机（START UP）”和“调整（TUNNING）”两大组、各

有若干栏。选择开机（START UP）组参数，操作者可进行坐标轴定义、FSSB 网络配置、伺服驱动系统、主轴驱动系统、辅助功能等开机基本参数的设定，满足机床正常起动和运行的最低要求；在此基础上，可通过“调整（TUNNING）”组参数，对伺服驱动系统、主轴驱动系统进行必要的调整和优化。开机（START UP）在中文显示的 CNC 上的显示为“起刀”，这一翻译不一定恰当，但为了方便操作者使用，本书后述的内容中仍使用这一名称。

可以通过快捷设定操作设定的 CNC 参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 快捷设定参数一览表

参数组	参数栏	显示和设定内容
起刀	轴设定	伺服轴的名称、轴号、轴类型、最小移动单位、参考点、软件限位和进给速度、加速度等；主轴的种类、名称、轴号、最高转速、传动级和主轴定位等
	FSSB(AMP)	伺服驱动器的 FSSB 网络配置参数
	FSSB(轴)	坐标轴的 FSSB 网络配置参数
	伺服设定	伺服参数的设定，内容同 9.1.3 节
	伺服参数	伺服驱动系统的位置、速度、转矩调节器参数等
	伺服增益调整	负载惯量比、速度控制增益等
	高精度设定	加减速方式、加减速时间常数等
	主轴设定	主轴参数的设定，内容同 9.1.4 节
	辅助功能	DI/DO 信号设定、串行主轴控制参数
调整	伺服调整	伺服调整参数设定，内容同 9.1.3 节
	主轴调整	主轴调整参数设定，，内容同 9.1.4 节
	AICC 调整	加工参数调整，内容同 9.1.5 节

2. 快捷设定的操作

CNC 参数快捷设定操作可以通过 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择系统显示模式后，在软功能扩展菜单上，选择软功能键〖参数设定〗（或〖PRM 设〗）进入，其操作步骤如下：

1）选择 MDI 操作方式，并通过 CNC 数据显示和设定操作，取消参数保护功能。

2）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，显示软功能键〖参数设定〗（或〖PRM 设〗）；按该键 LCD 将显示图 9.2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

3）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的参数组。

4）按软功能键〖选择〗，进入该栏目的参数快捷设定，LCD 显示相应的参数显示和设定页面。

5）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的参数。

6）用 MDI 面板的数字键输入数值后，再按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，输入参数值。

7）本栏目参数设定完成后，可通过下述的操作退出本栏目设定，返回然后，选择其他栏目、进行以上同样的参数显示和设定操作。伺服设定、主轴设定等参数也可以在系统显示



图 9. 2-1　参数快捷设定栏目显示

模式下，通过软功能键扩展后，直接选择相关软功能键进行显示和设定，但是，利用这种参数显示和设定方式，设定完成后不能返回到图 9. 2-1 所示的参数选择栏目显示页。

3. 快捷设定的退出

当参数快捷设定栏目被选择后，LCD 将切换到该栏目参数的显示和设定页面，以便进行该栏目的参数设定。例如，当选择“起刀”组的“轴设定”栏时，其参数的显示和设定页面如图 9. 2-2 所示。

当指定栏目的参数设定完成后，可通过如下操作退出，然后，再进入其他栏目的参数设定。



图 9. 2-2　轴设定参数的显示

1）按软功能扩展键，直至显示图 9.2-3 所示的软功能键〖菜单〗。

2）按软功能键〖菜单〗，LCD 返回图 9.2-1 所示的参数快捷设定项目选择显示页面。

3）选择其他栏目，进行以上同样的参数显示和设定操作。

4）全部参数设定完成后，通过 CNC 数据显示和设定操作，重新生效参数的写入保护功能，并按【RESET】清除 SW0100 报警。



图 9.2-3　快捷设定返回软功能键显示

9.2.2　参数快捷设定

参数快捷设定中的伺服设定、伺服调整、主轴设定、主轴调整、AICC 调整的显示内容和设定操作与 9.1 节完全相同，其他栏参数的显示和快捷设定方法如下。

1. 轴设定

轴设定的快捷设定参数分为基本、主轴、坐标轴、进给速度、加减速共 5 组，参数组可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】选择，参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9.2.1 节的快捷设定操作步骤①、②，显示图 9.2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“轴设定”参数栏，按软功能键〖选择〗，LCD 显示图 9.2-2 所示的轴设定参数设定页面。

3）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，或直接输入 CNC 参数号、按软功能键〖搜索号码〗，选择需要设定的参数。

4）用光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到参数输入框。

5）用 MDI 面板的数字键输入数值后，再按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，输入参数值。或者，按软功能键〖初始化〗、然后选择操作软功能键〖执行〗，直接将 FANUC 出厂设定的初始化值作为参数输入；如果按软功能键〖初始化组〗（或〖GR 初始〗）、并选择操作软功能键〖执行〗，则当前组的所有参数将一次性设定为 FANUC 出厂推荐值。但是，FANUC 未规定初始化值的参数，不能用〖初始化〗、〖初始化组〗方式设定。

2. 驱动器配置

在驱动器的 FSSB 网络配置页面，可显示系统当前的驱动器安装位置、系列、额定电流以及轴名称等，操作者可以进行 CNC 控制轴号的设定，有关驱动器的 FSSB 网络配置内容和方法，可参见本书作者编写的《FANUC-0iD 调试和维修》一书。

FSSB 配置页面也可在选择系统显示模式后，通过软功能扩展键，在显示软功能键〖FSSB〗后，通过按〖FSSB〗键进入。

驱动器 FSSB 网络配置参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9.2.1 节的快捷设定操作步骤 1）、2），显示图 9.2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“FSSB（AMP）”参数栏，按软功能键〖选择〗，LCD 显示图 9.2-4 所示的伺服驱动器 FSSB 网络配置参数设定页面，显示

栏的含义如下。

号：驱动器的安装位置（FSSB 从站序号），离 CNC（主站）最近的驱动器为“1”。

放大：驱动器连接显示，A1、A2、……因此代表驱动器上第 1、2、……驱动模块，L、M、N 为多轴模块的第 1、2、3 轴。

系列：显示驱动器系列。

单元：驱动器的类型。

电流：驱动器的最大输出电流。

轴：该驱动器的 CNC 控制轴号，参数可以进行设定。

名称：驱动器所连接的伺服轴名称。

图 9.2-4 所示的 FSSB 配置页面也可在选择系统显示模式后，通过软功能键扩展，选择软功能键〖FSSB〗显示。

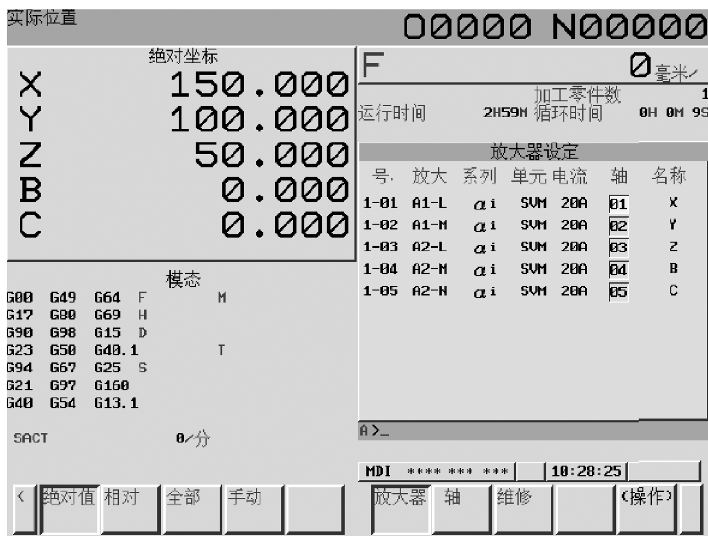


图 9.2-4　伺服驱动器的 FSSB 配置显示

3）用光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到参数输入框。

4）用 MDI 面板的数字键，在“轴”栏输入 CNC 控制轴号后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】输入。

LCD 的一个显示页最多可以显示 5 个伺服驱动器的设定参数，6 轴以上参数可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】进行显示。

3. 伺服轴配置

在伺服轴的 FSSB 网络配置页面，可显示 CNC 控制轴号、轴名称、驱动器连接，并进行分离型检测接口、显示轴、Cs 轴、主-从控制等功能参数的定义，有关伺服轴 FSSB 网络配置的内容和方法，可参见本书作者编写的《FANUC-0iD 调试和维修》一书。伺服轴 FSSB 网络配置参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9.2.1 节的快捷设定操作步骤 1）、2），显示图 9.2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“FSSB（轴）”参数栏，按软功

能键〖选择〗，LCD 显示图 9. 2-5 所示的伺服轴 FSSB 网络配置参数设定页面，该页面也可在图 9. 2-4 所示的驱动器配置页面选择后，按软功能键〖轴〗选定。显示页上显示栏的含义如下。

轴：CNC 控制轴号。

名称：伺服轴名称。

放大器：驱动器连接。

M-1、2、3、4：分离型检测单元接口分配。

轴专有：显示轴定义。

Cs 轴：Cs 轴定义。

双电：主-从控制轴定义。

3）用光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到参数输入框。

4）用 MDI 面板的数字键输入参数后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】输入。

LCD 的一个显示页最多可以显示 5 个伺服驱动器的设定参数，6 轴以上参数可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】进行显示。



图 9. 2-5 伺服轴的 FSSB 配置显示

4. 伺服参数

利用伺服参数显示和设定页面，可进行伺服驱动系统位置、速度、转矩调节器参数的显示和设定，伺服参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9. 2. 1 节的快捷设定操作步骤 1)、2)，显示图 9. 2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“伺服参数”栏，按软功能键〖选择〗，LCD 显示图 9. 2-6 所示的伺服参数设定页面。

伺服参数的显示可选择图 9. 2-6a 所示的“按轴显示”和图 9. 2-6b 所示的“按参数显示”两种显示方式，显示方式可以通过软功能键扩展后，按软功能键〖切换〗进行相互转换。当选择图 9. 2-6a 所示的“按轴显示”方式时，可以通过软功能键〖轴改变〗，切换伺

服轴。

3）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的参数。当选择“按参数显示”方式时，可以直接输入 CNC 参数号、按软功能键〖搜索号码〗，选择需要设定的参数。

4）用光标移动键【↑】、【↓】，将光标定位到参数输入框。

5）用 MDI 面板的数字键输入数值后，再按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗，输入参数值。或者，按软功能键〖初始化〗、然后选择操作软功能键〖执行〗，直接将 FANUC 出厂设定的初始化值作为参数输入；如果按软功能键〖初始化组〗（或〖GR 初始〗）、并选择操作软功能键〖执行〗，则当前组的所有参数将一次性设定为 FANUC 出厂推荐值。但是，FANUC 未规定初始化值的参数，不能用〖初始化〗、〖初始化组〗方式设定。

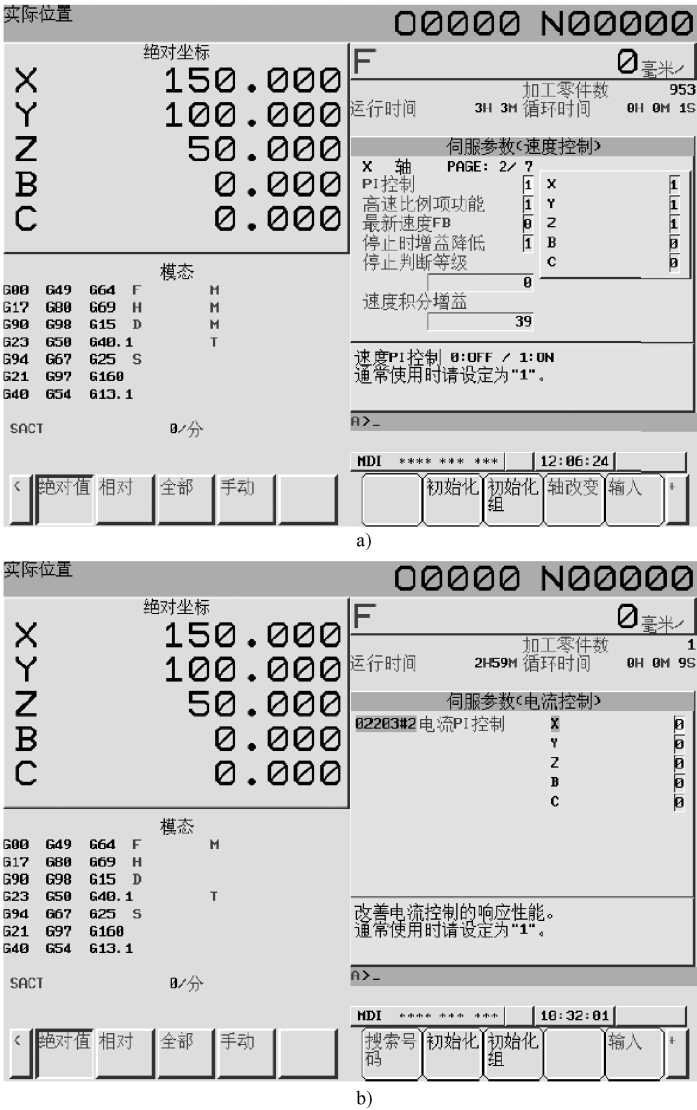


图 9.2-6　伺服参数的显示

a）按轴显示　b）按参数显示

5. 高精度设定

利用高精度设定参数显示和设定页面，可进行坐标轴的加减速方式、加减速时间等高速高精度加工用参数的快捷设定，参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9.2.1 节的快捷设定操作步骤 1)、2)，显示图 9.2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“高精度设定”栏，按软功能键〖选择〗，LCD 显示图 9.2-7 所示的高精度设定参数显示页面。

高精度设定参数的显示可选择图 9.2-7a 所示的“按轴显示”和图 9.2-7b 所示的“按参数显示”两种显示方式，显示方式可以通过软功能键扩展后，按软功能键〖切换〗进行相互转换。当选择图 9.2-7a 所示的“按轴显示”方式时，可以通过软功能键〖轴改变〗，切换伺服轴。

a)

b)

图 9.2-7 高精度设定参数的显示

a）按轴显示 b）按参数显示

高精度设定参数的设定方法和伺服参数设定相同。选择软功能键〖初始化〗或〖初始化组〗，同样可将参数设定为 FANUC 出厂推荐值。

6. 辅助功能设定

辅助功能参数的快捷设定，可进行主轴驱动形式（模拟主轴、串行主轴）、通道控制、M 代码输出、RESET 信号输出等功能参数的设定，参数的显示和设定操作步骤如下：

1）通过 9. 2. 1 节的快捷设定操作步骤 1）、2），显示图 9. 2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“辅助功能设定”栏，按软功能键〖选择〗，LCD 显示图 9. 2-8 所示的辅助功能设定参数显示页面。

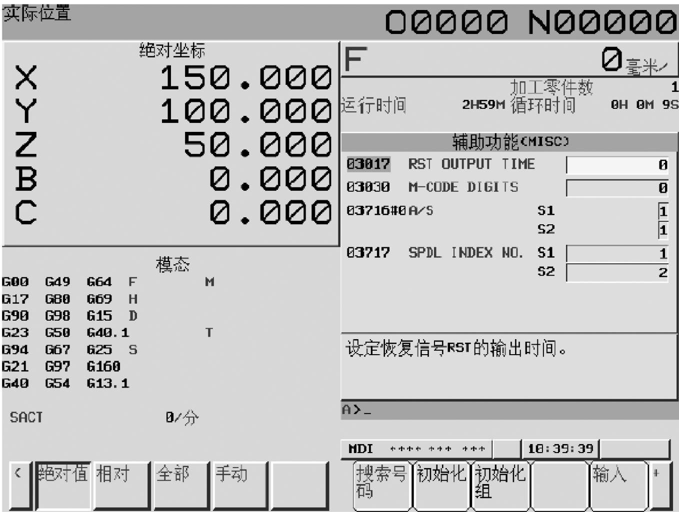


图 9. 2-8　辅助功能设定参数的显示

辅助功能设定参数的设定方法和伺服参数设定相同。选择软功能键〖初始化〗或〖初始化组〗，同样可将参数设定为 FANUC 出厂推荐值。

9. 2. 3　伺服增益调整

伺服增益调整是 CNC 根据机械负载情况，设定、计算和优化伺服驱动系统速度调节器增益的过程。FS-0iD 的伺服增益调整可通过自动调整和手动调整两种方法进行，设定和优化的 CNC 参数有负载惯量比（PRM2021）、切削进给时的速度调节器增益倍率（PRM2107）、高速 HRV 控制时的速度调节器增益倍率（PRM2335），伺服增益调整的方法如下。

1. 增益调整的选择

伺服增益调整必须选择 MDI 操作方式，并将 CNC 的参数写入保护设定为允许（可以）状态，否则，CNC 将显示操作出错信息“错误方式”、“写保护”。进入伺服增益调整的操作步骤如下：

1）通过 9. 2. 1 节的快捷设定操作步骤 1）、2），显示图 9. 2-1 所示的 CNC 参数快捷设定栏目选择页面。

2）利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择“伺服增益调整”栏，按软功能

键〖选择〗，LCD 显示图 9.2-9 所示的伺服增益调整页面。

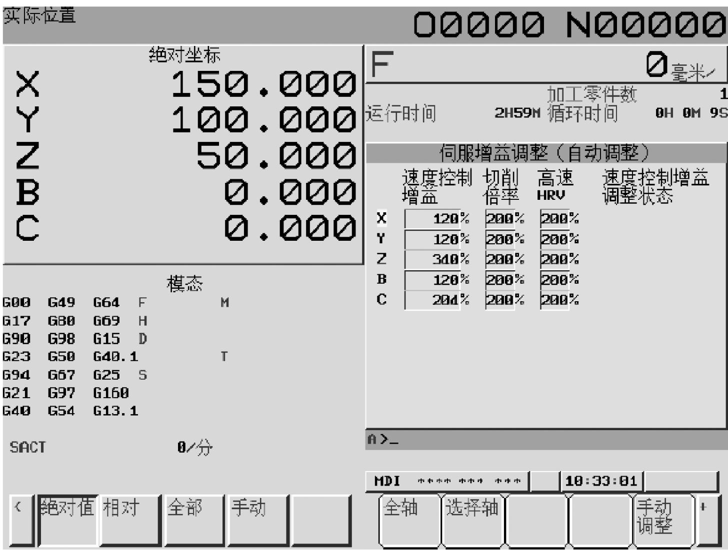


图 9.2-9 伺服增益调整显示

显示页中的“切削倍率”栏显示的是切削进给时的速度调节器增益倍率参数 PRM2107；“高速 HRV”栏显示的是高速 HRV 控制时的速度调节器增益倍率参数 PRM2335；“速度控制增益”栏显示的是 CNC 根据负载惯量比（参数 PRM2021）计算得到的速度调节器增益值，其计算式如下：

速度控制增益 = (256 + PRM2021)/256

以上参数均以百分率形式显示。

显示页中的“速度控制增益调整状态”栏显示的是坐标轴实施自动调整操作后的执行结果信息，可显示如下内容。

无显示：表示指定轴尚未进行自动调整操作，或执行自动调整所得到的参数被手动调整或其他方式所修改。

调整结束：表示指定轴已实施、并完成自动调整操作。

调整中：表示指定轴装置实施自动调整操作。

初期状态不正确：表示指定轴的参数设定有误，不能正常完成自动调整操作。

显示页中的软功能键〖手动调整〗（或〖手调〗）用来选择手动调整方式；软功能键〖全轴〗、〖选择轴〗用来选择自动调整方式。选择手动调整时，需要通过 MDI 输入速度控制增益、切削进给时的速度调节器增益倍率（切削倍率）、高速 HRV 控制时的速度调节器增益倍率（高速 HRV）参数；选择自动调整时，CNC 可通过伺服分析软件，自动计算和设定以上参数。

伺服增益调整可根据实际情况，选择不同的调整方式，并按以下操作步骤进行。

2. 全部轴自动调整

如果需要对 CNC 的全部轴一次性实施自动调整操作，可选择图 9.2-9 上的软功能键〖全轴〗，LCD 将显示图 9.2-10 所示的全部轴伺服增益自动调整页面。

全部轴自动调整的实施过程，可通过软功能键〖全轴调制始〗（或〖全执行〗）、〖各轴

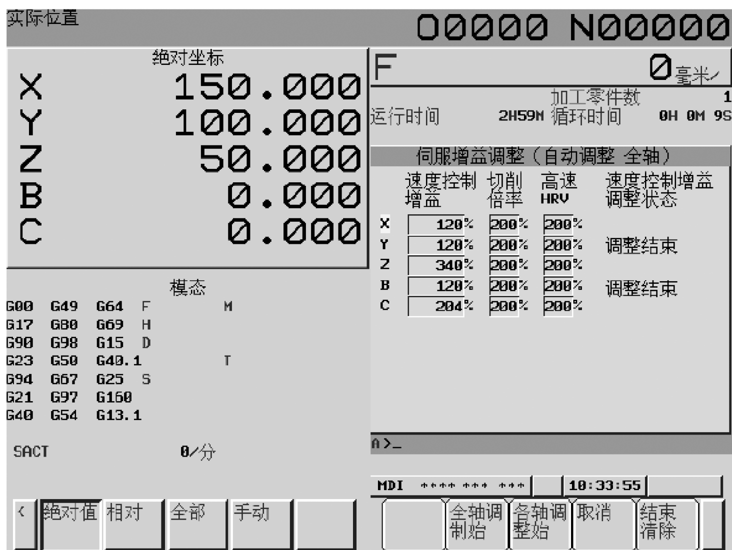


图 9.2-10　全部轴自动调整显示

调整始〗（或〖各执行〗），选择如下两种方式。

1）如选择软功能键〖全轴调制始〗，CNC 将根据坐标轴的显示次序，依次对未实施自动调整的坐标轴进行自动调整。

例如，对于图 9.2-10 所示的显示，其自动调整的执行次序为 X、Z、C 轴，由于 Y、B 轴的调整已完成，故被跳过。

如果在自动调整中改变了自动调整方式，CNC 将在当前轴的自动调整结束后停止，下一轴的自动调整需要再次按软功能键〖全轴调制始〗继续。

2）如选择软功能键〖各轴调整始〗（或〖各执行〗），CNC 将根据坐标轴的显示次序，逐一对未实施自动调整的坐标轴进行自动调整。

当一个轴的自动调整结束后，光标将定位到下一个需要调整的坐标轴；但该轴的自动调整，需要再次按软功能键〖各轴调整始〗，才能继续进行。

在一个坐标轴的自动调整结束、执行下一轴自动调整前，LCD 可显示软功能键〖取消〗、〖结束清除〗（或〖结束 CL〗）。按〖取消〗，可返回全部轴自动调整显示页面，轴的调整状态和设定的增益参数均被保留；如按〖结束清除〗，将保留自动调整所设定的增益参数，但所有轴的自动调整状态信息将被清除，LCD 直接回到图 9.2-9 所示的伺服增益调整显示页面。自动调整状态被清除的坐标轴，可再次实施自动调整操作；但“初期状态不正确”的自动调整状态显示，只能通过后述的手动调整操作清除。

3. 选择轴自动调整

如果只需要对部分坐标轴实施自动调整操作，可以选择图 9.2-9 上的软功能键〖选择轴〗，LCD 将显示图 9.2-11 所示的指定轴增益自动调整页面。

这时，可利用 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择需要执行自动调整的坐标轴，然后，按软功能键〖调整开始〗（或〖调整始〗），对所选的轴实施自动调整操作。调整状态显示为“调整结束”的轴也能作为调整对象选择，并再次实施自动调整操作。

当所选轴的自动调整结束时，LCD 可显示软功能键〖取消〗、〖结束清除〗（或〖结束

CL〗)，按软功能键〖取消〗，将保留设定的增益参数和调整状态，返回图 9. 2-9 所示的伺服增益调整显示页面；按软功能键〖结束清除〗，只能清除光标所在轴的自动调整状态（保留设定的增益参数)，LCD 返回图 9. 2-11 所示的指定轴增益自动调整显示。

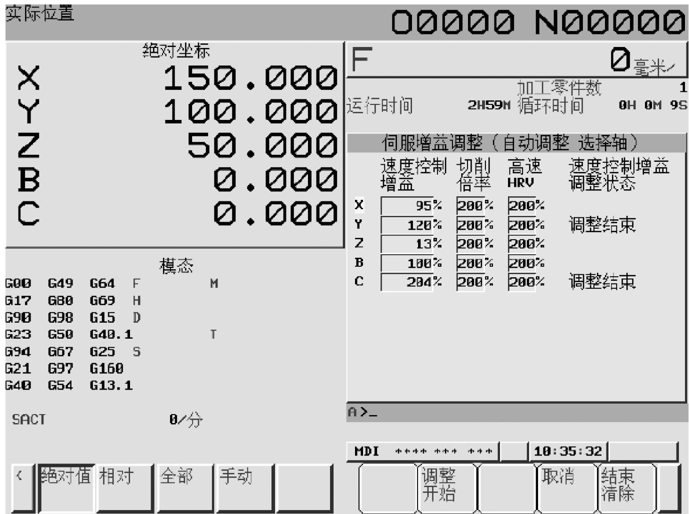


图 9. 2-11　指定轴增益自动调整显示

4. 自动调整的中断

不论执行全部轴或指定轴的自动调整，如坐标轴的自动调整操作在进行中，LCD 都将显示图 9. 2-12 所示的自动调整执行中显示页面。

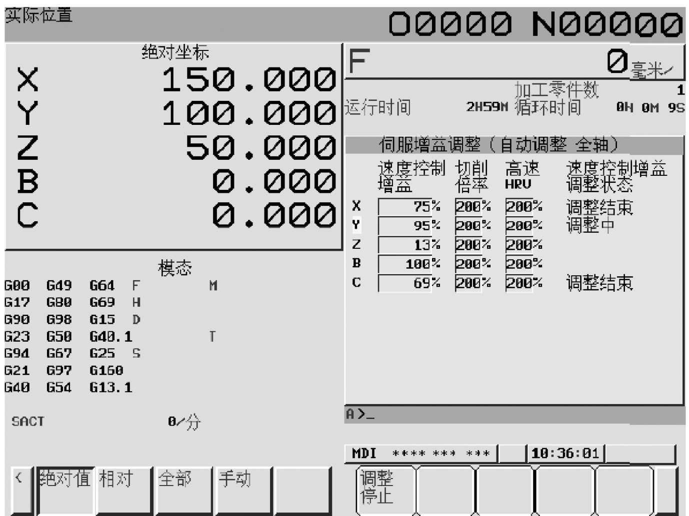


图 9. 2-12　自动调整执行中显示

正在实施自动调整的坐标轴，其自动调整状态显示“调整中”，并显示操作软功能键〖调整停止〗。

自动调整操作可通过以下操作强制中断。

1）按图 9. 2-12 上的软功能键〖调整停止〗。

2）按 MDI 面板的【RESET】键。

3）使 CNC 进入“急停”状态。

自动调整操作被强制中断的坐标轴，其自动调整状态显示将成为“自动调整操作尚未进行（无显示）”状态；“切削倍率”、“高速 HRV”、“速度控制增益”栏的参数将重新恢复自动调整执行前的数据。但是，已完成自动调整操作的坐标轴，其自动调整状态、自动设定的参数被保留。

5. 手动增益调整

手动增益调整是通过 MDI 输入数据、设定伺服增益的一种调整方式，其操作步骤如下：

1）选择伺服增益调整操作后，在图 9.2-9 所示的伺服增益调整页面上，按软功能键〖手动调整〗（或〖手调〗），LCD 显示图 9.2-13 所示的伺服增益手动调整页面。

2）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选择需要进行增益设定的坐标轴和参数后，用 MDI 上的数字键输入设定值，并按 MDI 面板上的编辑键【INPUT】或软功能键〖输入〗、〖+输入〗，输入或增量修改增益设定值。

如果对已执行自动调整操作的坐标轴，进行了增益的手动设定，其自动调整状态栏将回到“自动调整操作尚未进行（无显示）”的状态，故可用来清除显示“初期状态不正确”的自动调整出错信息。

在手动增益调整方式，如按软功能键〖自动调整〗（或〖自动调〗），可以直接进入增益自动调整方式，并按前述的方法，实施自动调整操作。

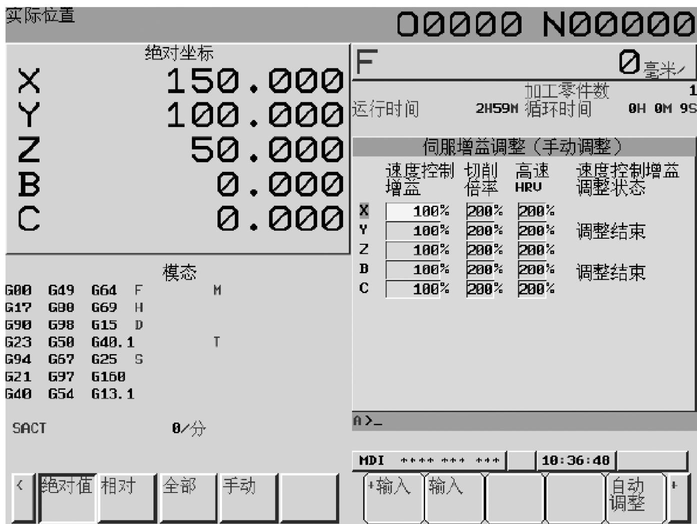


图 9.2-13　手动增益调整显示

9.3　数据输入/输出操作

9.3.1　基本说明

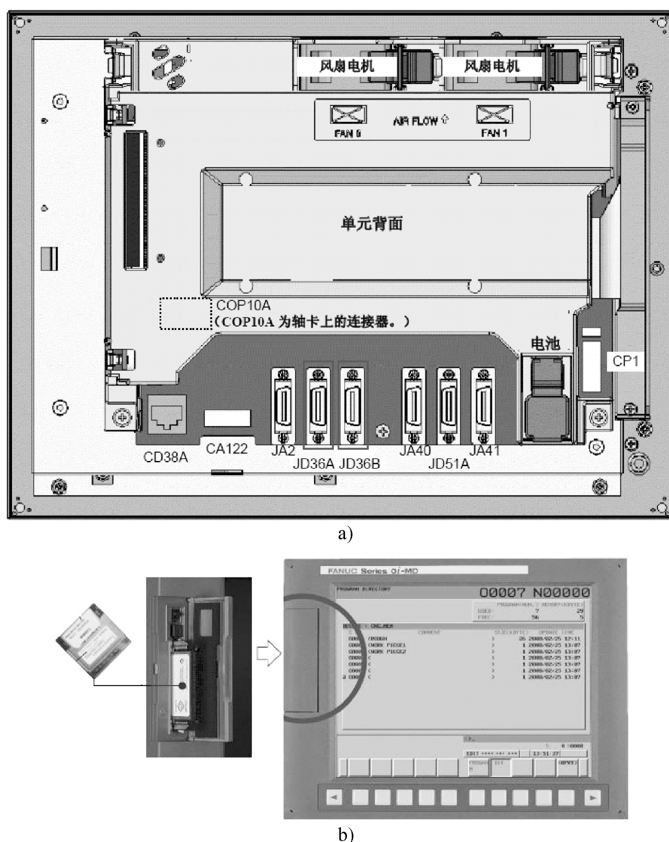
1. 接口与设定

CNC 的绝大数据都可通过外部数据输入/输出接口输入或输出。数据输入/输出需要用

如下 CNC 参数选定接口。

PRM0000.1：RS232C 串行接口 1、2 输入/输出数据格式选择 1。设定“0”，为 EIA 代码；设定“1”，为 ISO 或 ASCII 代码。

PRM0020：输入/输出接口选择。设定“0”为 CNC 主板 RS232C 接口，设定“1”为图 9.3-1a 上的 JD36A，由于 CNC 主板接口和 JD36A 接口直接连接，因此，当使用 JD36A 时，可以设定为“0”。设定“1”为图 9.3-1a 上的 JD36B；设定“2”为图 9.3-1b 上的存储卡接口；设定“5”为数据服务器接口（选件）；设定“9”为以太网接口。



a)

b)

图 9.3-1　FS-0iD 的数据输入/输出接口

a）RS232C 接口 1、2　b）存储卡接口

PRM0101.3：RS232C 串行接口 1、2 输入/输出数据格式选择 2。设定“0”，数据输入时代码自动设别，数据输出时由参数 PRM0000.1 设定；设定“1”，ASCII 代码，选择 ASCII 码需要将参数 PRM0000.1 设定为 1。

PRM0102：输入/输出设备选择。设定“0”，不使用控制代码 DC1 ~ DC4 的标准 RS232C 设备；设定“4”，使用控制代码 DC1 ~ DC4 的标准 RS232C 设备；设定“3”，为 FANUC 软驱（FLOPPY）；其他设定用于 FANUC 输入/输出设备，如 FANUC PPR 等。

PRM0103：数据传输波特率。常用的设定有“10”（4800bit/s）；“11”（9600bit/s）；“12”（19200bit/s）等。

PRM0139.0：存储卡接口代码选择。设定“0”为 ASCII；设定“1”为 ISO 代码。

PRM0908.0：数据服务器接口代码选择。设定“0”为 ASCII；设定“1”为 ISO 代码。

2. 输入/输出操作

CNC 的数据输入/输出可通过存储卡接口、RS232C 串行接口、内置以太网或 PCMCIA 的以太网接口等进行。存储卡使用简捷、方便，是目前的常用设备，它可在系统显示模式下、选择软功能键〖所有 IO〗，进行数据输入/输出操作，其操作步骤详见后述。FS-0iD 标准配置已安装内置以太网接口，FS-0iMateD 可通过选配 PCMCIA，通过以太网通信，传送 FTP 文件，有关内容详见 9.4 节。

利用标准串行接口 RS232C 的数据输入/输出，可在 CNC 选择 EDIT 操作方式后，根据不同的显示模式和操作菜单下，按表 9.3-1 进行 CNC 数据输入/输出操作。数据输入时的软功能键〖F 读取〗在 10.4inLCD 上为〖文件读取〗；数据输出时的软功能键〖F 输出〗、〖操作历〗，在 10.4inLCD 上分别为〖文件输出〗、〖操作履历〗。

表 9.3-1　数据输入/输出操作一览表

输入/输出操作	显示模式	软功能键操作	备　　注
加工程序输入	【PROG】	〖程序〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入程序号(或文件名)→〖O 设定〗(或〖F 名称〗)→〖执行〗	取消存储器保护
加工程序输出	【PROG】	〖程序〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→输入程序号(或文件名)→〖O 设定〗(或〖F 名称〗)→〖执行〗	输入程序号-9999，可以输出全部加工程序
CNC 参数输入	【SYSTEM】	〖参数〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 CNC-PARA.TXT)→〖执行〗	CNC 急停、取消参数写入保护，完成后重启 CNC
CNC 参数输出	【SYSTEM】	〖参数〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→〖全部〗(或〖样本〗)→输入文件名(省略时使用默认文件名 CNC-PARA.TXT)→〖执行〗	选择〖样本〗时，只输出非 0 参数
刀具补偿值输入	【OFS/SET】	〖刀偏〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 TOOLOFST.TXT)→〖执行〗	取消存储器保护
刀具补偿值输出	【OFS/SET】	〖刀偏〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 TOOLOFST.TXT)→〖执行〗	
螺距补偿数据输入	【SYSTEM】	〖〉〗→〖螺补〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 PITCH.TXT)→〖执行〗	CNC 急停、取消参数写入保护，完成后重启 CNC
螺距补偿数据输出	【SYSTEM】	〖〉〗→〖螺补〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 PITCH.TXT)→〖执行〗	
宏程序变量输入	【OFS/SET】	〖〉〗→〖宏程序〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 MACRO.TXT)→〖执行〗	输入时应取消存储器保护。可输入/输出变量#500 ~ #599；如 CNC 参数 PRM6001.3 设定为 1，变量#100 ~ #199 也可输入/输出
宏程序变量输出	【OFS/SET】	〖〉〗→〖宏程序〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 MACRO.TXT)→〖执行〗	

（续）

输入/输出操作	显示模式	软功能键操作	备　注
工件坐标系偏置输入	【OFS/SET】	〖工件坐标系〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 读取〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 EXT_WKZ. TXT)→〖执行〗	取消存储器保护
工件坐标系偏置输出	【OFS/SET】	〖工件坐标系〗→〖(操作)〗→〖〉〗→〖F 输出〗→输入文件名(省略时使用默认文件名 EXT_WKZ. TXT)→〖执行〗	
操作履历输出	【SYSTEM】	〖〉〗→〖操作历〗→〖(操作)〗→〖F 输出〗输入文件名(省略时使用默认文件名 OPRT_HIS. TXT)→〖执行〗	

3. 文件名称和格式

除了屏幕拷贝数据输出外，其他利用存储卡或 RS232C 接口输入/输出的 CNC 数据为文本文件。进行数据输入/输出时，如没有指定文件名，CNC 将自动选择表 9. 3-2 中的默认文件名。

表 9. 3-2　数据输入/输出默认文件名一览表

数据类别	默认文件名	备　注
全部 CNC 加工程序	ALL-PROG. TXT	以程序号 O-9999 指定输入/输出文件
刀具偏置数据	TOOLOFST. TXT	
CNC 参数	CNC-PARA. TXT	
螺距补偿数据	PITCH. TXT	
宏程序变量	MACRO. TXT	
工件坐标系偏置数据	EXT_WKZ. TXT	
操作履历	OPRT_HIS. TXT	
维修信息	MAINTINF. TXT	
CNC 易损件清单	MAINTENA. TXT	
系统配置数据	SYS-CONF. TXT	
PMC 信号保护	DIDOENBL. TXT	
伺服/主轴信息	SV_SP_ID. TXT	
机床易损件清单	MAINTEMC. TXT	
波形诊断信息	WAVE-DGN. TXT	
刀具形状数据	TOOL-FRM. TXT	仅多通道控制 FS-0iTD
F 代码变量	PCODE. TXT	仅使用宏执行器的 CNC

表中的输入/输出数据文件均以“%”或“LF”作为开始标记，随后是数据内容，最后以“%”结束。例如，加工程序的文件格式如下，程序段的结束符“;”不能输出：

```
%
O0001(MEMORY CARD SAMPLE FILE)
G17 G49 G97
```

```
G92 X-100.0 Y-260.0
 ⋮
M30
%
```

而刀具补偿数据、螺距补偿数据则以 G10 指令的编程格式输出，有关内容可参见第 2 章 2.5.3 节。例如，FS-0iMD 选择刀具补偿 C 时，其数据输出格式如下：

```
%
G10 G90 L10 P01 R＊＊＊                    // H01 的长度补偿值
G10 G90 L11 P01 R＊＊＊                    // H01 的长度磨损量
G10 G90 L12 P01 R＊＊＊                    // D01 的半径补偿值
G10 G90 L13 P01 R＊＊＊                    // D01 的半径磨损量
G10 G90 L10 P02 R＊＊＊                    // H02 的长度补偿值
G10 G90 L11 P02 R＊＊＊                    // H02 的长度磨损量
 ⋮
%
```

而在 FS-0iTD 上，如果设定 PRM8136.6 = 0，其数据输出格式如下：

```
%
G10 P01 X＊＊＊ Z＊＊＊ R＊＊＊ Q＊＊＊ Y＊＊＊          // T01 的磨损偏置值
G10 P02 X＊＊＊ Z＊＊＊ R＊＊＊ Q＊＊＊ Y＊＊＊          // T02 的磨损偏置值
 ⋮
G10 P100001 X＊＊＊ Z＊＊＊ R＊＊＊ Q＊＊＊ Y＊＊＊          // T01 的几何偏置值
G10 P100002 X＊＊＊ Z＊＊＊ R＊＊＊ Q＊＊＊ Y＊＊＊          // T02 的几何偏置值
 ⋮
%
```

4. FANUC 软驱操作

通过选配 FANUC 软驱，CNC 数据可以通过软驱传送，数据输入/输出操作步骤如下：

1）将 CNC 的输入/输出接口参数设定为 FANUC 软驱（FANUC FLOPPY）；操作方式选择 EDIT 后，按 MDI 面板的功能键【PROG】，选择程序显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖一览〗，按此键选择程序一览表显示。

3）按软功能键〖(操作)〗后，选择软功能键〖设备选择〗（或〖设备〗）。

4）按软功能键〖软驱〗，LCD 将显示图 9.3-2 所示的软驱文件一览表。

显示页各栏的含义如下。

DNC 运行目录：显示进行 DNC 运行的文件名称。

登录程序：显示已经登录的文件数量。

号/文件名：显示文件号/文件名称。

5）利用 MDI 面板上的光标移动键【←】/【→】选定文件，按编辑键【INPUT】，指定文件即被选定。

在软驱文件一览表显示后，便可显示以下操作软功能键，进行文件的检索、删除和输入/输出操作。软驱输入/输出的操作步骤和存储卡输入/输出相同，可参见后述的说明。



图 9.3-2 FANUC 软驱文件显示

〖F 检索〗: 选择后检索所需要的文件。

〖文件读取〗(或〖F 读取〗): 可将指定的文件从软驱读入到 CNC 存储器上。

〖文件输出〗(或〖F 输出〗): 可将指定的文件从 CNC 存储器输出到软驱上。

〖F 删除〗: 可将指定的文件从软驱上删除。

9.3.2 存储卡操作

1. 存储卡的操作

在系统显示模式下, 如果选择软功能键〖所有 IO〗, 可以利用存储卡进行加工程序、CNC 参数、刀具补偿数据、工件坐标系偏置数据、螺距误差补偿、宏程序变量、操作和报警履历等数据的输入或输出。此外, 还可以利用屏幕拷贝(FANUC 手册称画面硬拷贝)功能, 将 LCD 显示页面直接转换成 BMP 格式的图片数据, 输出到存储卡上, 并利用电脑对其进行显示和编辑。

存储卡应使用符合 PCMCIA Ver2.0 或 JEIDA Ver4.1 标准的存储卡。使用存储卡前应通过如下操作定义输入/输出设备。

1) CNC 操作方式选择 EDIT, 按 MDI 面板的功能键【PROG】, 选择程序显示模式。

2) 按软功能扩展键, 直至显示软功能〖一览〗, 按此键选择程序一览表显示。

3) 按软功能键〖(操作)〗后, 选择软功能键〖设备选择〗(或〖设备〗)。

4) 按软功能键〖存储卡〗, LCD 将显示图 9.3-3 所示的存储卡文件。显示栏"号"是存储卡上的文件编号; 显示栏"文件名"是存储卡上的文件名称。

5) 存储卡上的文件可以执行检索、删除、输入、输出等操作。文件输入/输出的操作步骤详见后述; 如需要检索存储卡上的文件, 按软功能键〖F 检索〗; 如需要删除存储卡上的文件, 按软功能键〖F 删除〗。

6) 利用 MDI 面板输入存储卡文件编号、按软功能键〖F 设定〗, 或, 利用 MDI 面板输入文件名、按软功能键〖F 名称〗, 选定需要检索或删除的文件。

7) 按〖执行〗便可执行步骤 5) 所选择的文件检索或删除操作, 如按〖取消〗, 则可



图 9.3-3　存储卡显示

撤销所选择的操作。

2. 操作提示

当 CNC 数据输出到存储卡时，如果定义的文件名和存储卡内已有的文件名重复或默认的文件名一致时，LCD 可以显示图 9.3-4 所示的提示页面。选择软功能键〖覆盖〗，将覆盖存储卡上的原文件；选择软功能键〖取消〗，可以取消数据输出操作。

当选择 CNC 参数输出时，可以根据要求选择全部参数输出或非 0 参数（参数值不为 0 的参数）输出两种方式。输出 CNC 参数时，软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗），一旦选择，LCD 将显示图 9.3-5a 所示的操作软功能键，如果需要输出全部参数，选择软功能键〖全部〗；如果只需要输出非 0 参数，则选择软功能键〖样本〗。参数输出范围选定后，LCD 将显示图 9.3-5b 所示的操作软功能键，如果需要执行输出操作，选择软功能键〖执行〗；如需要放弃输出操作，则选择软功能键〖取消〗。同样，如果存储卡中存在同名文件，LCD 将显示图 9.3-5c 所示的操作软功能键，选择软功能键〖覆盖〗，将覆盖存储卡上的原文件；选择软功能键〖取消〗，可以取消数据输出操作。



图 9.3-4　存储卡文件覆盖提示

9.3.3　存储卡输入/输出

利用存储卡进行不同类型的 CNC 数据输入/输出操作方法如下。

1. 加工程序的输入/输出

加工程序的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

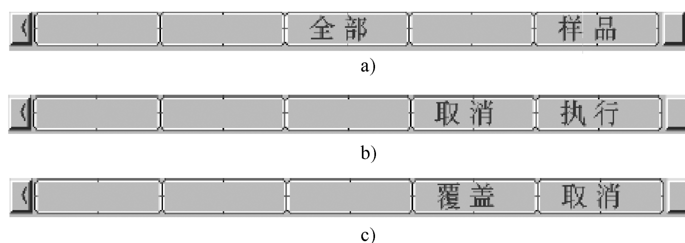


图 9.3-5　参数输出的软功能键转换

a）参数输出范围选择　b）参数输出与取消　c）参数覆盖显示

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖程序〗，选择加工程序输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，并取消存储器保护。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗；或者，用 MDI 面板输入程序号后，按软功能键〖O 设定〗；选定需要输入的加工程序文件。

7）按软功能键〖执行〗，输入加工程序。程序输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。程序输入过程中，如按〖取消〗，可以中断程序输入操作。

加工程序的输出操作步骤如下：

1）~4）同程序输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗；或者，用 MDI 面板输入程序号后，按软功能键〖O 设定〗；设定加工程序文件的名称或程序号。如需要输出全部加工程序，则用-9999 代替文件名或程序号；输出文件名将被定义为“ALL-PROG.TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出程序。程序输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。程序输出过程中，如按〖取消〗，可以中断程序输出操作。

2. CNC 参数输入/输出

CNC 参数输入前，必须将 CNC 参数的写入保护设定为“允许”状态，其操作步骤见 9.1.1 节。CNC 参数的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖参数〗，选择 CNC 参数输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，或使得 CNC 进入急停状态。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，选定 CNC 参数文件；如果不输入文件名，则 CNC 自动选择默认的文件名“CNC-PARA.TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输入 CNC 参数。参数输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。参数输入过程中，如按〖取消〗，可以中断输入操作。

8）重新将 CNC 参数的写入保护恢复到“禁止”状态后，关闭 CNC 电源，重新启动生效 CNC 参数。

CNC 参数的输出操作步骤如下：

1）~4）同 CNC 参数输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，设定 CNC 参数的文件名称；如果不定义文件名，则 CNC 自动选择默认文件名“CNC-PARA. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出 CNC 参数。参数输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。参数输出过程中，如按〖取消〗，可以中断输出操作。

3. 刀具补偿数据的输入/输出

刀具补偿数据的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖刀偏〗，选择刀具补偿数据输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，或使得 CNC 进入急停状态。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，选定刀具补偿数据文件；如果不输入文件名，则自动选择默认的文件名“TOOLOFST. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输入刀具补偿数据。数据输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。数据输入过程中，如按〖取消〗，可以中断输入操作。

刀具补偿数据的输出操作步骤如下：

1）~4）同刀具补偿数据输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入刀具补偿数据文件名后，按软功能键〖F 名称〗，设定刀具补偿数据文件名称；如果不定义文件名，则 CNC 自动选择默认文件名“TOOLOFST. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出刀具补偿数据。数据输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。数据输出过程中，如按〖取消〗，可以中断输出操作。

4. 螺距补偿数据的输入/输出

螺距补偿数据输入前，必须将 CNC 参数的写入保护设定为“允许”状态，其操作步骤见 9. 1. 1 节。螺距补偿数据的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖螺补〗，选择螺距补偿数据输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，或使得 CNC 进入急停状态。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，选定螺距补偿数据文件；如果不输入文件名，则自动选择默认的文件名“PITCH. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输入螺距补偿数据。数据输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。数据输入过程中，如按〖取消〗，可以中断输入操作。

8）重新将 CNC 参数的写入保护恢复到“禁止”状态后，关闭 CNC 电源，重新启动生

效 CNC 参数。

螺距补偿数据的输出操作步骤如下：

1）~4）同螺距补偿数据输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入螺距补偿数据文件名后，按软功能键〖F 名称〗，设定螺距补偿数据文件名称；如果不定义文件名，则 CNC 自动选择默认的文件名“PITCH. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出螺距补偿数据。数据输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。数据输出过程中，如按〖取消〗，可以中断输出操作。

5. 宏程序变量的输入/输出

宏程序变量的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖宏程序〗，选择宏程序变量输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，或使得 CNC 进入急停状态。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，选定宏程序变量文件；如果不输入文件名，则自动选择默认的文件名“MACRO. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输入宏程序变量。数据输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。数据输入过程中，如按〖取消〗，可以中断输入操作。

宏程序变量的输出操作步骤如下：

1）~4）同宏程序变量输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入宏程序变量文件名后，按软功能键〖F 名称〗，设定宏程序变量文件名称；如果不定义文件名，则 CNC 自动选择默认的文件名“MACRO. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出宏程序变量。数据输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。数据输出过程中，如按〖取消〗，可以中断输出操作。

6. 工件坐标系偏置的输入/输出

工件坐标系偏置的输入操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖所有 IO〗，按此键选择数据输入/输出页面。

3）按软功能键〖工件坐标系〗，选择工件坐标系偏置输入/输出操作。

4）将 CNC 操作方式置 EDIT，或使得 CNC 进入急停状态。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件名读取〗（或〖N 读取〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖F 名称〗，选定工件坐标系偏置文件；如果不输入文件名，则自动选择默认的文件名“EXT_ WKZ. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输入工件坐标系偏置。数据输入时，LCD 闪烁显示“输入”提示符，输入完成后消失。数据输入过程中，如按〖取消〗，可以中断输入操作。

工件坐标系偏置的输出操作步骤如下：

1）~4）同工件坐标系偏置输入。

5）按软功能键〖(操作)〗，并选择软功能键〖文件输出〗（或〖F 输出〗）。

6）根据需要，用 MDI 面板输入工件坐标系偏置文件名后，按软功能键〖F 名称〗，设定工件坐标系偏置文件名称；如果不定义文件名，则 CNC 自动选择默认的文件名“EXT_WKZ. TXT”。

7）按软功能键〖执行〗，输出工件坐标系偏置。数据输出时，LCD 闪烁显示“输出”提示符，输出完成后消失。数据输出过程中，如按〖取消〗，可以中断输出操作。

7. 屏幕截取数据输出

利用屏幕截取（FANUC 手册称画面硬拷贝）功能，可将当前的 LCD 显示页面，BMP 格式的图片数据，输出到存储卡上，并利用电脑对其进行显示和编辑。

屏幕截取可以用于所有 CNC 正常的显示，它与 CNC 的操作、显示方式无关；但是，引导系统操作页面（BOOT 显示）、IPL 操作页面、CNC 报警页面的截取。此外，当 CNC 正在执行 DNC 运行或数据输入/输出操作的显示页面，也不能执行屏幕截取操作。

屏幕截取数据的输出操作步骤如下：

1）选择存储卡接口，并按照存储卡。

2）按 MDI 面板上的编辑键【SHIFT】并保持 5s 以上，或将 PMC→CNC 的接口信号 HCREG（G067.7）从状态“0”变成“1”，启动屏幕截取功能。

3）CNC 获取屏幕数据，LCD 显示静止数秒；数据获取完成后，自动将 LCD 转换为 BMP 格式的图片数据，并输出到存储卡上。在屏幕截取功能执行期间，CNC→PMC 的接口信号 HCEXE（F061.3）成为“1”；截取完成后恢复“0”。

4）在 CNC 获取屏幕数据期间，按编辑键【CAN】，或将 PMC→CNC 的接口信号 HCABT（G067.6）设定为“1”，可以直接中断屏幕截取功能。屏幕截取功能中断时，CNC→PMC 的接口信号 HCAB2（F061.2）成为“1”并保持，直到重新启动屏幕截取操作或进行 CNC 的复位操作。截取中断时，输出到存储卡上的图片文件将不完整。

一个存储卡最多可以保存 1000 张屏幕截取图片，根据截取次序，图片文件依次以 HDCPY000. BMP ~ HDCPY999. BMP 命名。当存储卡上已经存在同名文件时，LCD 将显示报警 SR1973；如果存储卡容量不足，LCD 将显示报警 SR1962。LCD 出现报警 SR1973 和 SR1962 时，图片数据不能自动保存，此时，需要对存储卡进行文件重新命名或删除操作。

9.4　以太网通信

9.4.1　基本说明

1. 功能概述

FS-0iD 的网络通信和控制以以太网为常用，但也可根据需要，通过选配 FROFIBUS 网卡、FL-net 网卡、DIVICENET 网卡及相关软件，使得 CNC 与以上常用工业控制网络链接。

在 FS-0iD 上，CNC 的标准配置上已安装有内置以太网卡，故可直接进行以太网通信，此外，还可通过选配快速以太网卡（Fast Ethernet Board）、数据服务器卡（Fast Data Server Board）和远程操作、远程诊断等软件，实现 CNC 的远程控制和远程诊断。在 FS-0iMateD

精简型 CNC 上，以太网通信需要选配 PCMCIA 卡；PCMCIA 可安装在 CNC 的存储卡接口上，其功能与内置以太网卡的相近，但不支持 FANUC 传输软件。

利用 FS-0iD 的内置以太网卡或 FS-0iMateD 的 PCMCIA 卡，CNC 可直接通过 FOCAS2（FANUC OPEN CNC API SPECIFICATION 2，简称 FOCAS2）应用程序接口，和安装有 Windows 2000/XP/Vista 或 UNIX、VMS、Linux 等操作系统的计算机进行以太网通信，实现文件传输。如果用户购买并在计算机上安装了 FANUC 的 FANUC LADDER-Ⅲ、SERVO GUIDE 调试软件，还可利用计算机进行 PMC 监控与程序编辑、伺服调试操作。

在 FS-0iD 上，如果用户选配了快速以太网卡或数据服务器卡通信扩展模块，则可通过 FANUC 的以太网通信基本操作软件包（FANUC Basic Operation Package）、远程诊断包（Machine Remote Diagnose Package）等远程控制软件，实现 CNC 的远程控制和远程诊断；此外，还可通过 FANUC 的 CNC 画面显示软件、VB（Microsoft Visual Basic）或 VC + + 软件，进行 CNC 用户画面制作等编程。如 FS-0iD 选配 FROFIBUS 通信接口模块和 FROFIBUS 通信设定软件，还可以与 FROFIBUS 网络进行链接，成为 FROFIBUS 网络的主站或从站。

FS-0iD 的以太网通信功能及硬件配置要求见表 9.4-1。有关 FANUC 的 FANUC LADDER-Ⅲ、SERVO GUIDE 调试软件和远程控制、远程诊断的内容可参见 FANUC 提供的软件使用说明书。

表 9.4-1 FS-0iD 以太网通信功能和硬件配置要求一览表

通信功能	硬件配置			
	PCMCIA 卡	内置以太网卡	快速以太网卡	数据服务器卡
FANUC LADDER-Ⅲ	●	●	●	●
SERVO GUIDE	●	●	●	●
FTP 文件传输(服务器)	×	×	×	●
FTP 文件传输(客户机)	●	●	×	●
DNC 文件传输(服务器)	×	×	×	●
DNC 文件传输(客户机)	×	×	×	●
基本操作软件包	●	●	●	●
CNC 画面显示软件包	×	×	●	●
FANUC 传输软件	×	●	●	●
FOCAS2 开发软件	●(部分功能)	●(部分功能)	●	●

2. 通信方式

FS-0iD 的以太网使用的是 TCP/IP 标准通信，其通信协议为 FTP（File Transfer Protocol，文件传输协议）。CNC 可通过 FOCAS2 应用程序接口，和计算机进行以下两种方式的通信：

1）以计算机为服务器（Server），CNC 作为客户机（Client），CNC 通过以太网向计算机发送指令，读写计算机上的数据，实现 DNC 加工等操作。

当计算机作为服务器使用时，计算机上只需要安装标准的 FTP 通信软件，如 Windows 自带的 IIS 等。而 CNC 作为客户机，需要进行 CNC 的 IP 地址、计算机的 IP 地址、FTP 服务器端口号、连接用户名、密码等设定，并进行数据通信的全部操作。

2）以 CNC 为服务器，计算机为客户机。CNC 需要选配数据服务器卡。此时，可通过

计算机的操作，对 CNC 上的数据进行读、写或删除操作，但不能覆盖 CNC 原有的文件。在这种情况下，CNC 需要在以太网参数设定页面进行数据服务器的设定。

3. CNC 参数设定

以太网通信需要进行以下 CNC 参数。

PRM0020：I/O 设备选择。使用以太网通信时，应设定为“9”。

PRM13115.4/PRM13115.5：扩展字符输入 1/2。设定“11”时，可通过软功能键〖EXT 文字〗显示图 9.4-1 所示的、利用 MDI 面板无法输入的扩展字符，并可通过 ABC/abc 键切换大、小写。



图 9.4-1　扩展字符输入软功能键

PRM14880.0：以太网功能设定。设定“0”，内置以太网卡和 PCMCIA 卡的以太网通信功能生效。设定“1”，以太网通信功能无效。

PRM14880.1：FTP 服务器确认设定。设定“0”，进行 FTP 通信时，需要进行服务器确认。设定“1”，不进行服务器确认。

PRM14880.3：通信接口参数选择。设定“0”，DHCP 客户机功能使用 FOCAS2/Ethernet 默认参数；设定“1”，使用 FANUC CIMPLICITY i CELL 默认参数。

PRM14880.5：DNS 客户机功能选择。设定“0”，不使用 DNS 客户机功能；设定“1”，使用 DNS 客户机功能。

PRM14880.6：DHCP 客户机功能选择。设定“0”，不使用 DHCP 客户机功能；设定“1”，使用 DHCP 客户机功能。

PRM14890/ PRM14891/ PRM14892：分别为主机 1/2/3 的操作系统选择。设定“0”，为 Windows 2000/XP/Vista；设定“1”，为 UNIX 或 VMS；设定“2”，为 Linux。

9.4.2　FTP 通信设定

内置以太网卡、PCMCIA 卡是 FS-0iD 常用的以太网通信接口，其通信设定的方法如下。

1. 接口选择

FS-0iD 的内置以太网卡和 PCMCIA 的以太网接口，可通过如下操作选择或切换：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗。

3）按软功能键〖内嵌〗或〖PCMCIA〗后，再按软功能键〖公共〗，LCD 显示图 9.4-2 所示的以太网公共设定页面（基本）。

4）按软功能键〖(操作)〗，可显示以太网接口切换软功能键〖内嵌/PCMCIA〗，按此键选择以太网接口。然后，按软功能键〖执行〗，切换以太网接口，或按软功能键〖取消〗，取消接口切换操作。

2. FOCAS2/Ethernet 设定

FS-0iD 的 FOCAS2/Ethernet 应用程序接口的显示和设定方法如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并根据以太网卡的实际使用情况，选择软功能键〖内嵌〗或〖PCMCIA〗（两者的设定方法相同）。

3）按软功能键〖公共〗，LCD 显示图 9.4-2 所示的以太网公共设定页面。在此页面上可显示内置以太网的 MAC 地址和当前有效的以太网接口；并进行 CNC 的 IP 地址、子网掩码、路由器地址等的设定。

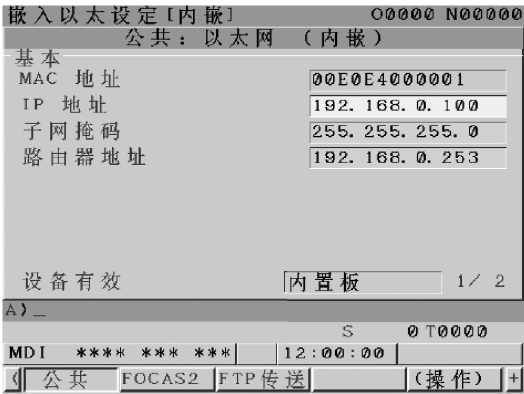


图 9.4-2　以太网设定和显示页面

4）按软功能键〖FOCAS2〗，LCD 显示图 9.4-3 所示的 FOCAS2/Ethernet 应用程序接口设定页面。

对于一般应用，FOCAS2/Ethernet 应用程序接口的 TCP 端口号设定为 8193，UDP 端口号和时间间隔设定为“0”。

例如，当一台计算机通过 HUB 和两台 CNC 进行图 9.4-4 所示的链接时，可在 CNC 上进行如下设定。

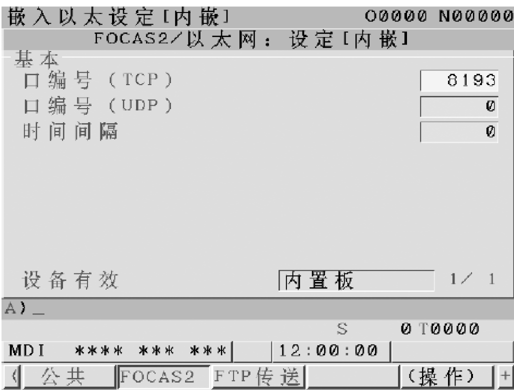


图 9.4-3　以太网设定和显示页面

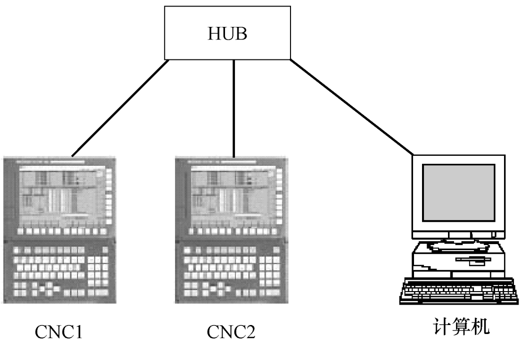


图 9.4-4　以太网设定例

CNC1/2 的 IP 地址：192.168.1.100/192.168.1.101；

CNC1/2 的子网掩码：255.255.255.0；

CNC1/2 的路由器地址：无；

CNC1/2 的口编号（TCP）：8193；

CNC1/2 的口编号（UDP）：0；

在使用 Windows 2000/XP/Vista 操作系统的计算机上，其 Microsoft TCP/IP 属性设定如下。

IP 地址：192.168.0.200；

子网掩码：255.255.255.0；

默认网关：无。

在计算机的数据窗口程序库函数“cnc_ allclibhndl3”的自变量中设定如下。

CNC1/2 的 NC IP 地址：192.168.1.100/192.168.1.101；；

CNC1/2 的口编号（TCP）：8193。

在使用 PCMCIA 卡连接 FANUC LADDER-Ⅲ、SERVO GUIDE 调试软件时，应使用如下出厂默认设定。

IP 地址：192.168.1.1；

子网掩码：255.255.255.0；

路由器地址：无；

口编号（TCP）：8193；

口编号（UDP）：0；

时间间隔：0。

当使用 FANUC CIMPLICITY i CELL 软件时，UDP 端口号和时间间隔设定应按照 FANUC 使用说明书进行。

3. FTP 通信设定

FS-0iD 作为客户机使用时，CNC 可通过内置以太网卡或 PCMCIA 卡传输 FTP 文件，每台 CNC 可以连接的 FTP 通信数为 1，FTP 通信设定的操作步骤如下：

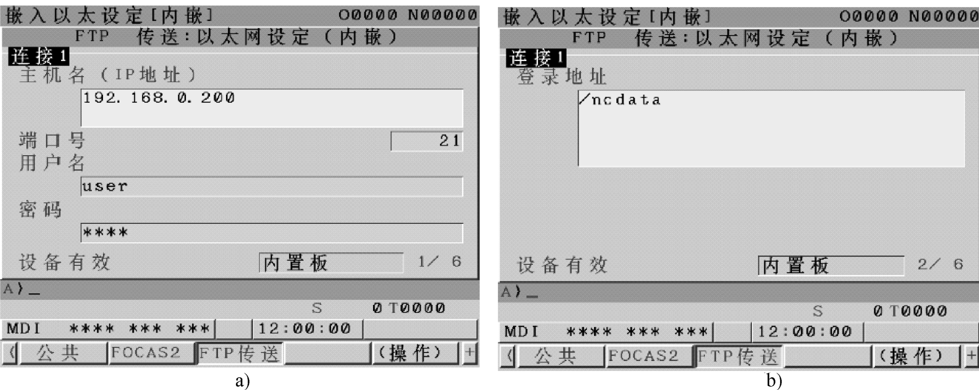
1）选择系统显示模式，在〖内嵌〗或〖PCMCIA〗的〖公共〗显示页面，完成图 9.4-2所示的 FOCAS2/Ethernet 设定。

2）按软功能键〖FTP 传送〗，LCD 显示图 9.4-5 所示的 FTP 通信设定页面。显示页面有 6 页（3 组），可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】切换。

3）按软功能键〖(操作)〗数次，使 LCD 显示软功能键〖主机〗（或〖选择主机〗）。

4）按软功能键〖主机〗，LCD 显示软功能键〖连接 1〗、〖连接 2〗、〖连接 3〗，CNC 最多可设定 3 组通信连接参数，可根据需要选择连接。被选定的连接，其软功能键为反色显示。

5）通过 MDI 面板，在图 9.4-5 所示的显示页，设定如下通信参数。



a)　　b)

图 9.4-5　FTP 通信设定

a）第 1 页　b）第 2 页

主机名：输入计算机的 IP 地址，如 192.168.0.200 等。

端口号：FTP 通信的端口号一般应设定为“21”。

用户名：设定 CNC 在主机登录时的用户名，用户名最多允许为 31 字符。

密码：设定 CNC 登录时的密码。

登录地址：设定登录到主机的工作目录，如不设定，则使用主机上设定的本地目录登录。

例如，对于图 9.4-4 所示的计算机连接，其 FTP 的设定例如下。

CNC1/2 的主机名：192.168.0.200；

CNC1/2 的端口号：21；

CNC1/2 的用户名：user；

CNC1/2 的密码：user；

CNC1/2 的登录地址：无。

在使用 Windows 2000/XP/Vista 操作系统的计算机的“用户账户”上设定如下。

用户名：user；

密码：user；

本地目录：默认值。

9.4.3 DNS/DHCP 设定

1. CNC 参数

通过设定 CNC 参数 PRM14880.5 或 PRM14880.6 为“1”时，FS-0iD 可以使用 DNS 或 DHCP 客户机功能。

利用 DNS（Domain Name System，域名系统）或 DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol，动态主机配置协议）客户机功能，CNC 可以自动获取以太网通信的 IP 地址。当 CNC 使用 DHCP 客户机功能时，可通过 CNC 参数 PRM14880.3 的设定，选择表 9.4-2 所示的默认通信方式和接口参数。

表 9.4-2 DHCP 默认的通信参数

PRM14880.3 设定	0	1
通行方式	FOCAS2/Ethernet 通信	CIMPLICITY i CELL 通信
默认的口编号(TCP)	8193	8193
默认的口编号(UDP)	0	8192
默认的时间间隔	0	50

2. DNS 设定

FS-0iD 的 DNS 设定操作步骤如下：

1）设定 CNC 参数 PRM14880.5 =1，生效 CNC 的 DNS 客户机功能，并将计算机设定为 DNS 服务器。

2）将 CNC 与计算机连接后，重新启动 CNC。

3）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

4）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并选择〖内嵌〗。

5）按软功能键〖公共〗，LCD 显示图 9.4-6 所示的以太网公共设定页面（详情）。

6）通过 MDI 面板，设定 DNS 服务器（计算机）的 IP 地址。FS-0iD 最多可设定 2 个 DNS 服务器的地址，并可按 IP 地址 1、2 的顺序搜索服务器。

3. DHCP 设定

1）设定 CNC 参数 PRM14880.6 = 1，生效 CNC 的 DHCP 客户机功能；利用 CNC 参数 PRM14880.3 的设定，选择默认的通信方式；并将计算机设定为 DHCP 服务器。

2）连接 CNC 与计算机，完成后，重新启动 CNC。

3）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

4）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并选择〖内嵌〗。

嵌入以太设定[内嵌]　O0000 N00000
公共：以太网　（内嵌）
详情
DNS　IP　地址 1　192.168.0.251
DNS　IP　地址 2　192.168.0.252
主机名
NC-00E0E4000001
域
设备有效　内置板　2/ 2
A)_
S　0 T0000
MDI　****　***　***　12:00:00
公共　FOCAS2　FTP 传送　（操作）

图 9.4-6　DNS 功能设定

5）按软功能键〖公共〗，LCD 显示以太网公共设定页面（详情）。

如 CNC 和计算机的连接成功，LCD 将自动获取 IP 地址和以太网的 MAC 地址，其显示如图 9.4-7 所示。

嵌入以太设定[内嵌]　O0000 N00000
公共：以太网　（内嵌）
基本
MAC 地址　00E0E4000001
IP 地址　192.168.0.100
子网掩码　255.255.255.0
路由器地址　192.168.0.253
设备有效　内置板　1/ 2
A)_
S　0 T0000
MDI　****　***　***　12:00:00
公共　FOCAS2　FTP 传送　（操作）

a)

嵌入以太设定[内嵌]　O0000 N00000
公共：以太网　（内嵌）
详情
DNS　IP　地址 1　192.168.0.251
DNS　IP　地址 2　192.168.0.252
主机名
DNC-1
域
FACTORY
设备有效　内置板　2/ 2
A)_
S　0 T0000
MDI　****　***　***　12:00:00
公共　FOCAS2　FTP 传送　（操作）

b)

图 9.4-7　DHCP 连接成功显示
a）第一页　b）第二页

在该显示页上，可进行主机名的定义。当 DHCP 服务器和 DNC 服务器协同工作时，主机名可由 DHCP 服务器通知 DNS 服务器，在未设定主机名时，CNC 自动定义主机名为 NC-（MAC 地址），例如，当 MAC 地址为“00E0E4000001”时，其主机名将自动定义为“NC-00E0E4000001”等。

如 CNC 和计算机的连接失败，CNC 将显示图 9.4-8 所示的 DHCP 连接出错页面，并显示“DHCP ERROR”信息。

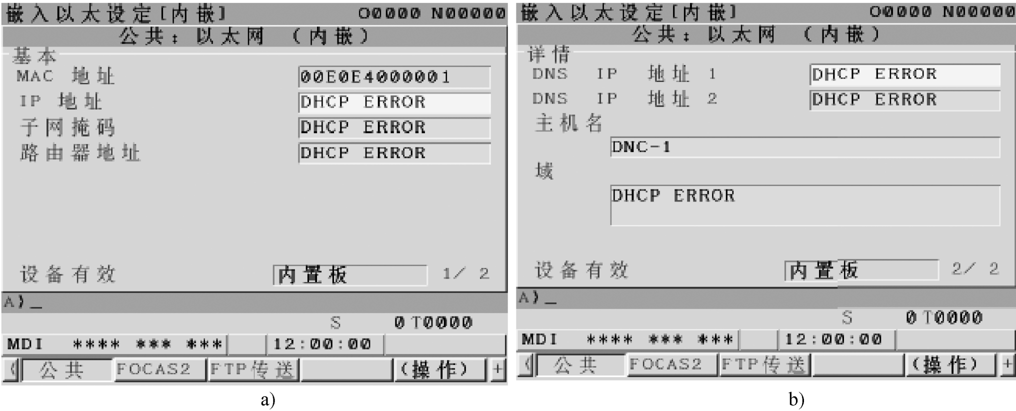


图 9.4-8 DHCP 连接出错显示

a）第一页 b）第二页

9.4.4 通信参数备份与通信操作

1. 通信参数备份/恢复

通信参数设定完成、通信正常后，可将设定 CNC 的 SRAM 上的内置以太网通信参数备份到存储卡上；或从存储卡上将通信参数恢复到 CNC 的 SRAM 上。

通信参数的备份与恢复可以选择备份/恢复或全备份/全恢复两种操作。选择全备份/全恢复时，可将内置以太网、快速以太网、数据服务器、PROFIBUS-DP 主站/从站、DeviceNet 主站/从站、FL-net 等全部通信参数一次性备份到存储卡或从存储卡上恢复到 CNC。

通信参数备份与恢复的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并选择〖内嵌〗。

3）按软功能键〖公共〗，LCD 显示以太网公共设定页面。

4）按软功能键〖(操作)〗，通过软功能键扩展，显示图 9.4-9 所示的通信参数备份/恢复软功能键。

5）通过软功能键〖备份〗、〖全备份〗或〖恢复〗、〖全恢复〗，选择所需的操作。

如需要将通信参数备份到存储卡上，按软功能键〖备份〗或〖全备份〗，此时，可通过 MDI 面板输入备份文件名；如不定义文件名，则参数备份时 CNC 自动将文件名设定为“EMBETHER. MEM”（备份）或“NETWORK. MEM”（全备份）。

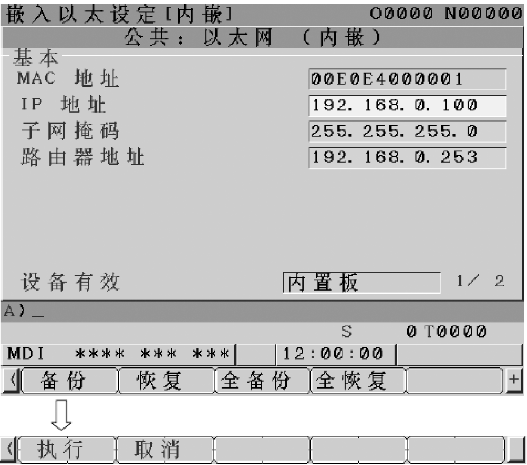


图 9.4-9 通信参数备份与恢复

如需要进行通信参数的恢复，则按软功能键〖恢复〗或〖全恢复〗；恢复时，同样可通过 MDI 面板输入文件名选定文件；如不输入文件名，则 CNC 自动选择“EMBE-

THER. MEM”（恢复）或“NETWORK. MEM”（全恢复）文件。

6）按软功能键〖执行〗，执行通信参数备份或恢复，执行过程中，LCD 闪烁显示“执行中”标记。按软功能键〖取消〗，则撤销所选择的操作。

2. FTP 文件传送

加工程序、参数等 CNC 数据可通过以太网，以 FTP 文件的格式上传/下载。以太网卡的数据输入/输出操作步骤如下：

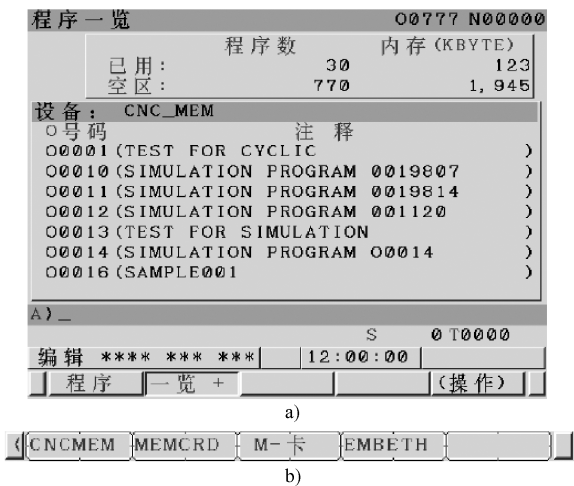
1）将 CNC 的输入/输出接口设定参数 PRM0020 设定为“9”，选择以太网，并完成以太网通信连接。

2）CNC 操作方式选择 EDIT 后，按 MDI 面板的功能键【PROG】，选择程序显示模式。并按软功能扩展键，直至显示软功能〖一览〗。

3）按软功能键〖一览〗，选择程序一览表显示模式，LCD 显示图 9. 4-10a 所示的程序一览表。

4）按软功能键〖(操作)〗、显示操作软功能键，并选择软功能键〖设备〗（或〖设备选择〗)，LCD 显示 9. 4-10b 所示的设备选择软功能键。

5）按软功能键〖EMBETH〗（或〖内置以太网〗)，LCD 将显示图 9. 4-11 所示的主机以太网文件一览表和操作软功能键。程序较多时，LCD 分页显示，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE ↑】/【PAGE ↓】，选择所需要的页面；或输入文件名后，按软功能键〖搜索〗，选择文件显示。



a)
b)

图 9. 4-10　程序一览表显示
a）程序一览表　b）设备选择软功能键

显示页各栏的含义如下。

驱动：CNC 接口，内置以太网卡、PCMCIA 卡生效时分别显示“内嵌”、“PCMCIA”。

连接主机：显示 CNC 当前通过以太网连接的主机号和主机名。

登录数：显示登录在主机上的文件数量。

设备：以太网设备名称及主机的工作目录，内置以太网连接主机时，显示“EMB_ ETHER”。

6）利用 MDI 面板上的光标移动键【←】/【→】选定文件，按编辑键【INPUT】，指定文件即被选定。

在以太网文件一览表显示后，便可显示或在软功能键扩展后显示以下操作软功能键，进行文件的删除和输入/输出操作。以太网输入/输出的操作步骤和存储卡输入/输出相同，可参见 9. 3 节的相关说明。

〖设备〗（或〖设备选择〗)：选择后可返回设备选择页面。

〖一览 + 〗：选择后可显示主机文件的详细内容，显示内容根据主机侧的 FTP 服务器设定有所区别。

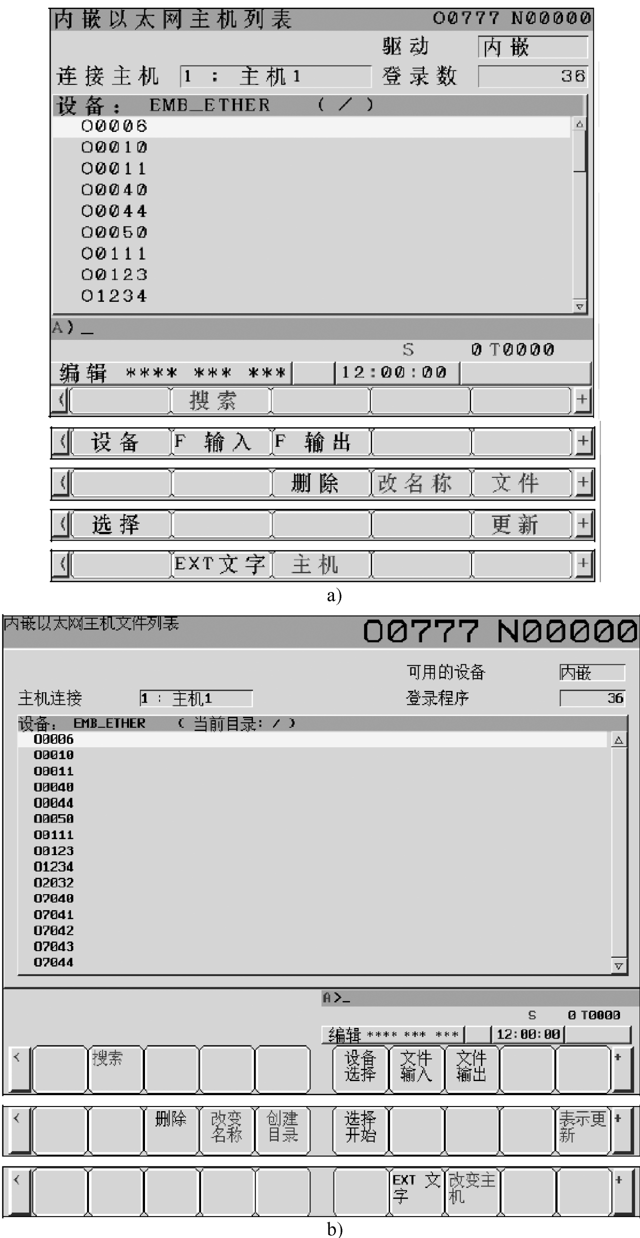


图 9.4-11 主机文件一览表显示

a) 8.4in LCD 显示 b) 10.4in LCD 显示

〖F 输入〗(或〖文件输入〗)：可将指定的文件从以太网主机读入到 CNC 存储器上。

〖F 输出〗(或〖文件输出〗)：可将指定的文件从 CNC 存储器输出到以太网主机上。

〖删除〗：可将指定的文件从以太网主机上删除。

〖改名称〗(或〖改变名称〗)：可对以太网主机上的文件进行重新命名。

〖主机〗(或〖改变主机〗)：切换以太网连接主机，按此键，可按照 1、2、3、1…的次序依次切换主机。

〖更新〗（或〖表示更新〗）：更新以太网文件一览表显示的内容。

〖EXT 文字〗：显示扩展字符输入软功能键。

〖文件〗（或〖创建目录〗）：输入目录名后，按此键可创建新的文件目录。

〖选择〗（或〖选择开始〗）：当需要删除多个文件时，可先将光标定位到需要删除的文件上，并按此软功能键，选中该文件，其文件名为反色显示；重复操作，可选中其他文件，然后，按软功能〖删除〗、〖执行〗，一次性删除多个文件。

9.4.5　通信重启与检查、维护

FS-0iD 的内置以太网具有通信重启、连接检查、通信检查等功能，其使用操作说明如下。

1. 通信重启

以太网通信中断后，可以通过以下操作重启：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并根据所使用的接口，选择〖内嵌〗或〖PCMCIA〗。

3）按软功能键〖公共〗，LCD 显示以太网公共设定页面。

4）按软功能键〖(操作)〗，显示〖再启动〗软功能键。

5）按软功能键〖再启动〗，重新启动以太网通信。

2. 连接检查

FS-0iD 的内置以太网带有维护信息显示功能，可以用于以太网维护和检查，其操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并根据所使用的接口，选择〖内嵌〗或〖PCMCIA〗。

3）选择软功能键〖PING〗后，按软功能键〖(操作)〗。

4）选择软功能键〖P. FTP1〗或〖P. FTP2〗、〖P. FTP3〗，CNC 向连接 1 或连接 2、连接 3 发送 PING 指令；LCD 可以显示图 9.4-12 所示的连接诊断页面。



图 9.4-12　连接诊断显示

也可通过选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】，在图 9.4-13 所示的第 2 页上输入主机名、执行次数，直接指定主机。

5）按软功能键〖PING 执〗，CNC 向指定目标发送指定次数的 PING 指令，检查连接状态。

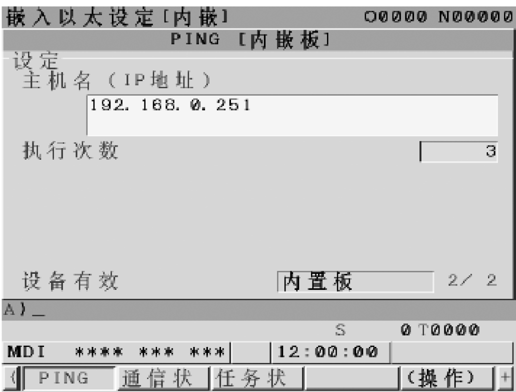


图 9.4-13 直接指定主机

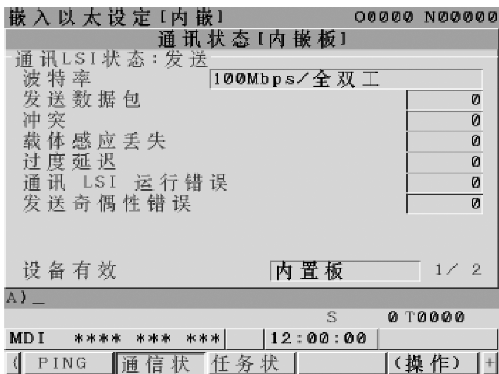
3. 通信检查

以太网的通信检查操作步骤如下：

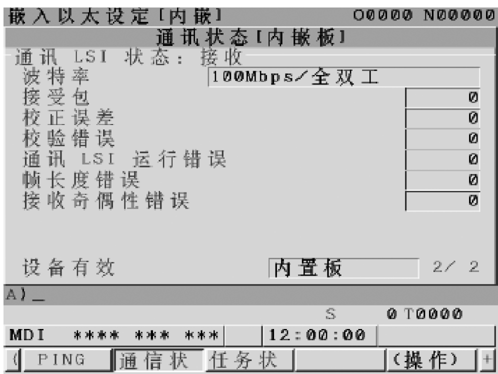
1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌〗、〖PCMCIA〗，并根据所使用的接口，选择〖内嵌〗或〖PCMCIA〗。

3）如选择软功能键〖通信状〗，LCD 显示图 9.4-14 所示的通信状态显示页面，可通过选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】，选择发送状态检查或接收状态显示页。



a)



b)

图 9.4-14 通信状态检查

a）发送 b）接收

4）如选择软功能键〖任务状〗，则 LCD 显示图 9.4-15 所示的通信执行状态显示页面，该显示页所显示的状态含义如下：

C：等待主机连接；

W/D：数据处理中；

N：不能执行 FOCAS2 通信；

X：通信尚未执行。

4. 操作履历

以太网的通信同样可以操作履历的形式记录，显示以太网操作履历的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按扩展软功能键，直至显示软功能键〖内嵌板日志〗、〖PCM 日志〗、〖板日志〗，并根据所使用的接口，选择〖内嵌板日志〗、〖PCM 日志〗（PCMCIA 卡）、〖板日志〗（快速以

太网卡或数据服务器卡)，LCD 可显示图 9. 4-16 所示的操作履历。

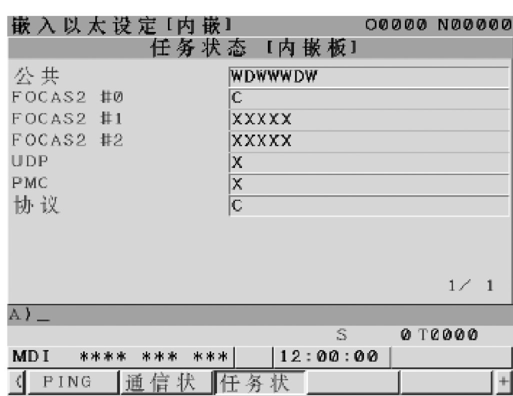


图 9. 4-15　通信执行状态检查

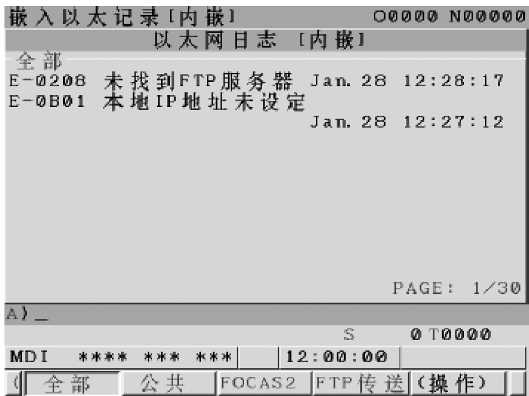


图 9. 4-16　故障履历显示

3）在履历显示页面选择〖全部〗，可显示所有操作记录；选择〖公共〗，可显示以太网通信设定操作记录；选择〖FOCAS2〗，可显示 FOCAS2 相关的操作记录；选择〖FTP 传送〗，则可显示 FTP 文件传送记录。

4）按软功能键〖(操作)〗后，选择〖清除〗，可以清除以太网操作履历。

9. 5　引导系统操作

9. 5. 1　基本说明

1. 引导系统进入与退出

批量生产机床的 PMC 程序、CNC 参数等的输入，以及 CNC、机床参数的备份都可以通过 FS-0iD 的引导系统操作，直接利用存储卡进行，它比使用编程计算机更加简单、方便。使用存储卡时，需要将 CNC 的输入/输出设备接口选择参数 PRM020 设定为“4”，生效存储卡接口。

数据输入和备份操作，可以在 FS-0iD 的引导系统（BOOT SYSTEM）上进行，引导系统可以通过如下方式进入：

1）同时按住图 9. 5-1 所示的、MDI/LCD 面板上的最右侧的软功能键和软功能扩展键，接通 CNC 电源，也可通过同时按住 MDI 面板的数字键“6”与“7”，接通 CNC 电源。



图 9. 5-1　引导系统的进入

2）CNC 直接进入引导系统后，LCD 显示引导系统主菜单显示页面（见后述的图 9. 5-2 所示）。

3）通过操作软功能键〖UP〗、〖DOWN〗调节光标，选择需要的操作。

4）按软功能键〖SELECT〗选定操作；部分操作还需要通过软功能键〖YES〗、〖NO〗确认。

2. 引导系统功能

在图 9.5-2 所示的引导系统主菜单上，不同选项可实现的功能如下：

1）END：结束引导系统操作，重新启动 CNC。

2）USER DATA LOADING：用户数据装载，可以将存储卡中的用户数据文件装载到 CNC 中。

3）SYSTEM DATA LOADING：系统数据装载，可将存储卡中的系统数据文件装载到 CNC 中。

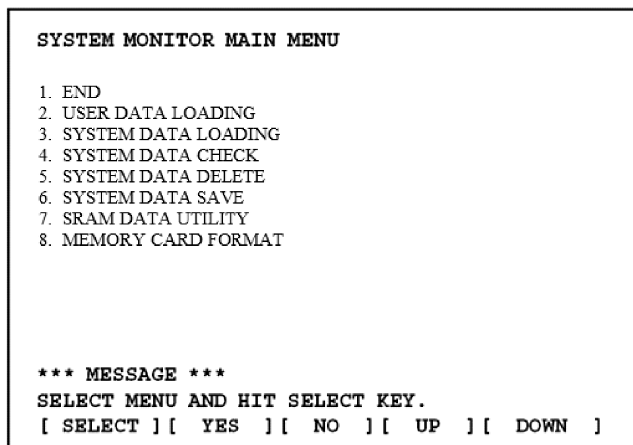


图 9.5-2 引导系统主菜单显示

4）SYSTEM DATA CHECK：系统数据校验，可在 LCD 上显示 CNC 系统数据文件一览表和软件的系列、版本号等。

5）SYSTEM DATA DELETE：系统数据删除，可删除 CNC 中的系统文件与用户文件。

6）SYSTEM DATA SAVE：系统数据保存，可将 CNC 中的用户文件（PMC 程序等）写入到存储卡中（系统文件不能写入）。

7）SRAM DATA UTILITY：SRAM 数据备份，可将 CNC-SRAM 中的机床参数、CNC 加工程序等保存到存储卡中；或将存储卡中保存的机床参数、CNC 加工程序装载到 CNC-SRAM 中。

8）MEMORY CARD FORMAT：存储卡格式化，一次性删除存储卡中的全部文件。

3. 引导系统的退出

如需要结束引导系统操作，回到正常的 CNC 工作方式，其操作步骤如下：

1）按软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择 END。

2）按软功能键〖SELECT〗选定 END 操作。

3）按软功能键〖YES〗确认。

4）CNC 进行系统数据的检查，状态行显示“CHECK CNC BASIC SYSTEM”。

5）如果系统数据正确，启动 CNC 基本系统，状态行闪烁显示“LOADING BASIC TO DRAM”。

6）CNC 回到正常的工作方式。

9.5.2 数据的装载、校验与删除

1. 数据装载

选择引导系统的用户数据装载（USER DATA LOADING）或系统数据装载（SYSTEM DATA LOADING）菜单，可以将存储卡中的用户文件、系统文件装载到 CNC 中。数据装载的操作步骤如下：

1）操作软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择用户数据装载（USER DATA LOADING）或系统数据装载（SYSTEM DATA LOADING）项目。

2）按软功能键〖SELECT〗选择，LCD 可显示图 9.5-3 所示的存储卡上的文件目录，

当文件较多时，可分页显示。

3）利用〖UP〗、〖DOWN〗软功能键，将光标调节到需要装载到 CNC 的文件名上。

4）按软功能键〖SELECT〗选择需要装载的文件。

5）按软功能键〖YES〗开始将存储卡中的文件装载到 CNC 中。

6）装载完成后，状态行显示“LOADING COMPLETE”。

7）重复 3）~6）完成全部文件的装载。

8）按软功能键〖SELECT〗退出数据装载操作。

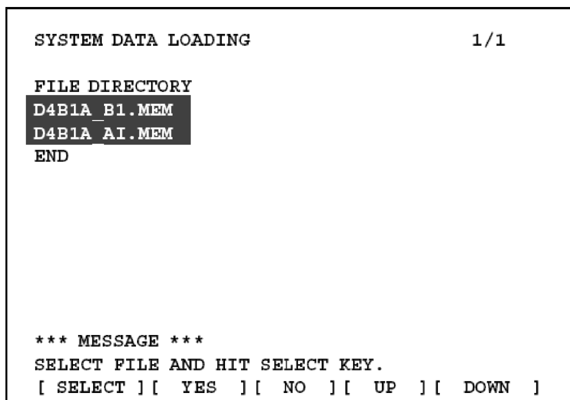


图 9.5-3　数据装载显示

2. CNC 系统数据校验

选择引导系统的系统数据校验（SYSTEM DATA CHECK）项目，可以检查、校验 CNC 系统数据。系统数据校验操作步骤如下：

1）利用软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择系统数据校验（SYSTEM DATA CHECK）项目。

2）按软功能键〖SELECT〗选择，LCD 可显示图 9.5-4 所示的 CNC 文件目录，当文件较多时可分页显示。

3）利用〖UP〗、〖DOWN〗软功能键，将光标调节到需要校验的文件名上。

4）按软功能键〖SELECT〗，LCD 即可显示所选文件的详细信息，如软件的系列号、版本号等。

5）按软功能键〖SELECT〗退出系统数据校验操作。

3. CNC 系统数据删除

选择引导系统的系统数据删除（SYSTEM DATA DELETE）项目，可删除 CNC 上的系统数据。系统数据删除操作步骤如下：

1）利用软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择系统数据删除（SYSTEM DATA DELETE）项目。

2）按软功能键〖SELECT〗选定，LCD 显示图 9.5-4 所示的 CNC 系统数据文件目录，文件较多时分多页显示。

3）利用〖UP〗、〖DOWN〗软功能键，将光标调节到需要删除的文件名上。

4）按软功能键〖SELECT〗，选择

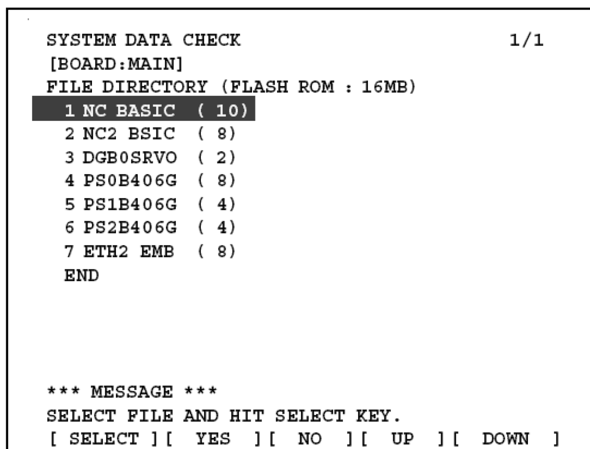


图 9.5-4　系统数据校验显示

需要删除的文件。

5）按软功能键〖YES〗，开始删除文件。

6）删除完成后，状态行显示“DELETE COMPLETE”。

7）重复3）~6）完成全部文件的删除。

8）按软功能键〖SELECT〗退出系统数据删除操作。

9.5.3 系统数据的保存、备份

1. CNC 系统数据保存

选择引导系统的系统数据保存（SYSTEM DATA SAVE）项目，可将 CNC 中的系统文件、用户文件（PMC 程序、PMC 参数、符号表、文本信息等）保存到存储卡中。系统数据保存操作步骤如下：

1）操作软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择系统数据保存（SYSTEM DATA SAVE）。

2）按软功能键〖SELECT〗选定，LCD 显示图9.5-5所示的 CNC 文件目录，当文件较多时可分页显示。

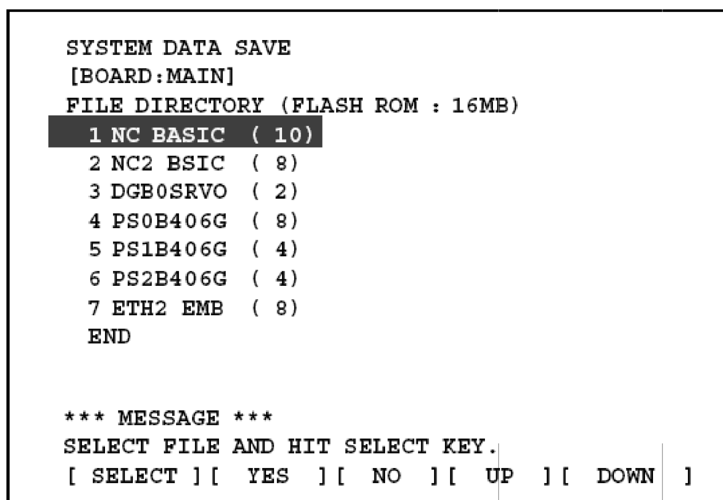


图9.5-5 系统数据保存显示

3）利用〖UP〗、〖DOWN〗软功能键，将光标调节到需要保存到存储卡的文件名上。

4）按软功能键〖SELECT〗，选择需要保存到存储卡的文件。

5）按软功能键〖YES〗，开始将 CNC 的文件保存到存储器卡中。

6）保存完成后，状态行显示“FILE SAVE COMPLETE”。

7）重复3）~6）完成全部文件的保存。

8）按软功能键〖SELECT〗退出系统数据保存操作。

2. CNC 系统数据备份

选择引导系统的系统数据备份（SRAM DATA UTILITY）项目，可以将 CNC-SRAM 中的机床参数、CNC 加工程序等保存到存储卡中；或将存储卡中保存的机床参数、CNC 加工程序装载到 CNC-SRAM 中。系统数据备份操作步骤如下：

1）利用软功能键〚UP〛、〚DOWN〛，在引导系统主菜单中选择系统数据备份（SRAM DATA UTILITY）项目。

2）按软功能键〚SELECT〛选定，LCD显示图9.5-6所示的页面。

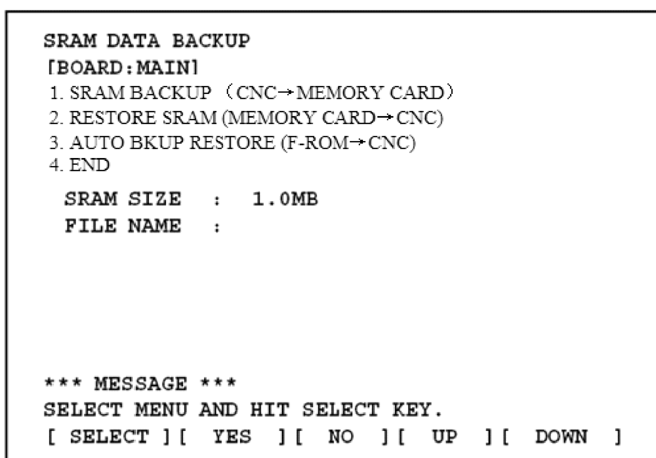


图9.5-6　系统数据备份显示

在图9.5-6所示的页面上，如需要将CNC-SRAM中的机床参数、CNC加工程序等保存到存储卡中，可进行如下操作：

3）利用〚UP〛、〚DOWN〛软功能键，将光标调节到SRAM BACKUP（CNC→MEMORY CARD）项目上。

4）按软功能键〚SELECT〛，选定项目。

5）按软功能键〚YES〛，开始将CNC-SRAM中的机床参数、CNC加工程序等保存到存储卡中。如存储卡中存在同名文件，LCD将显示“OVER WRITE OK?”如需要覆盖文件，按软功能键〚OK〛。文件保存完成后，状态行显示“SRAM BACKUP COMPLETE”。

在图9.5-6所示的页面上，如需要将存储卡中的机床参数、CNC加工程序等装载到CNC-SRAM中；如果需要恢复CNC自动备份的数据，则可以选择AUTO BKUP RESTORE项目。存储卡数据装载的操作步骤如下：

3）利用〚UP〛、〚DOWN〛软功能键，将光标调节到RESTORE SRAM（MEMORY CARD→CNC项目上。

4）按软功能键〚SELECT〛，选定项目。

5）按软功能键〚YES〛开始将存储卡中的机床参数、CNC加工程序等装载到CNC-SRAM中。如CNC中存在同名文件，LCD将显示“OVER WRITE OK?”如需要覆盖文件，按软功能键〚OK〛。保存完成后，状态行显示“RESTORE COMPLETE”。

操作完成后，按软功能键〚SELECT〛退出系统数据备份操作。

9.5.4　存储卡文件删除与格式化

1. 存储卡文件删除

选择引导系统的存储卡文件删除（MEMORY CARD FILE DELETE）项目，可以删除存储卡中的文件，其操作步骤如下：

1）操作软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择存储卡文件删除（MEMORY CARD FILE DELETE）。

2）按软功能键〖SELECT〗选定，LCD 显示图 9.5-7 所示的存储卡文件目录，当文件较多时分页显示。

3）利用〖UP〗、〖DOWN〗软功能键，将光标调节到需要删除的文件名上。

4）按软功能键〖SELECT〗，选择需要删除的文件。

5）按软功能键〖YES〗开始删除文件。删除完成后，状态行显示“DELETE COMPLETE”。

7）重复 3）~6）完成全部文件的删除。

8）按软功能键〖SELECT〗退出存储卡文件删除操作。

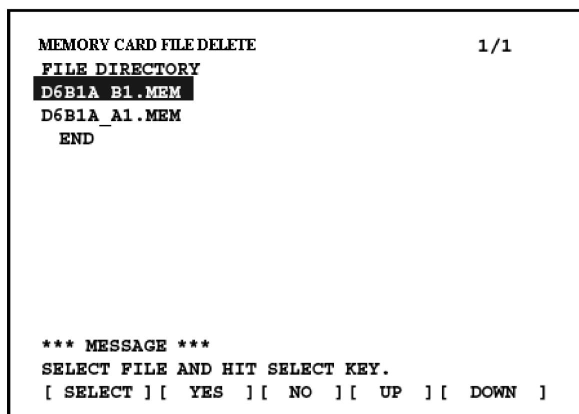


图 9.5-7 存储卡文件删除显示

2. 存储器卡的格式化

选择引导系统的存储器卡格式化（MEMORY CARD FORMAT）项目，可删除存储器卡中的所有数据与文件。存储器卡格式化操作步骤如下：

1）操作软功能键〖UP〗、〖DOWN〗，在引导系统主菜单中选择存储器卡格式化（MEMORY CARD FORMAT）项目。

2）按软功能键〖SELECT〗，选择存储卡格式化操作。

3）按软功能键〖YES〗，开始格式化存储器卡。

4）格式化完成后，状态行显示“FORMAT COMPLETE”。

5）按软功能键〖SELECT〗退出存储器卡格式化操作。

第10章 CNC维修操作

10.1　CNC 维修信息

10.1.1　定期维护信息

1. 功能概述

定期维护信息是 CNC 对易损件预计使用寿命的监控，它可提示操作者及时检查、准备或更换相关器件，预防因器件老化而发生故障。定期维护只是 CNC 的提示信息，它并不意味着故障将要发生或必然发生；因此，即便易损件预计使用寿命到达，仍可继续使用。

定期维护信息显示包括 CNC 和机床易损件名称、使用寿命、剩余使用时间等。定期维护信息可在 CNC 的系统显示模式下显示或设定，其基本操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）通过软功能扩展键，直至 LCD 显示软功能键〖定期维护〗（或〖维修〗）。

3）按软功能键〖定期维护〗，LCD 将显示图 10.1-1 所示的定期维护信息显示页面。



图 10.1-1　定期维护信息显示

显示页各栏的含义如下。

编号：状态显示的第 1 栏为易损件编号和寿命计数状态显示。如编号无前缀，表示寿命

计数为停止状态；编号有前缀“@”，表示寿命计数进行中；编号有前缀“＊”，表示预计的使用寿命已到达。

项目名称：易损件名称显示。如果需要，名称可通过 MDI 面板输入或修改。

剩余：预计的剩余使用时间显示。当剩余使用时间到达 CNC 参数 PRM8911 设定值以下时，该栏显示成为红色，但计时仍然继续。

在定期维护信息显示页面，可通过软功能选择如下操作。

〖状态〗：可显示易损件的名称、预计的剩余寿命，并进行易损件名称、使用寿命、剩余使用时间等参数的设定。

〖机床〗：机床易损件清单，可进行机床易损件的输入、添加和删除等操作。

〖数控〗：CNC 易损件清单，可显示 FANUC 设定的 CNC 易损件清单，但不能进行易损件的添加和删除操作。

定期维护信息的显示和设定操作步骤如下。

2. 易损件添加与删除

定期维护信息显示中的易损件，可通过从已有的机床或数控易损件清单中选择，或直接从 MDI 面板输入两种方式添加。如果需要从机床易损件清单中的添加，则需要事先通过后述的机床易损件清单编辑操作，建立机床易损件清单。

从已有的机床或数控易损件清单中选择的操作步骤如下：

1）在图 10.1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖状态〗。

2）按软功能键〖(操作)〗显示的操作软功能键，并按〖进入〗键选择添加操作。

3）根据需要，选择〖机床〗或〖数控〗软功能键，显示机床或数控易损件清单。

4）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，在机床或数控易损件清单选择需要添加的易损件。

5）按软功能键〖(操作)〗显示的操作软功能键，按〖选择〗键选定易损件。

6）按软功能键〖执行〗，所选择的易损件将被添加到定期维护信息的状态显示页面。

直接从 MDI 面板输入添加的操作步骤如下：

1）在图 10.1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖状态〗。

2）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选定需要输入或需要修改的位置后，按软功能键〖(操作)〗。

3）用 MDI 面板输入易损件名称，并用编辑键【INPUT】或操作软功能键〖输入〗，添加易损件名称；或者通过按〖+输入〗键，对已有的名称修改。易损件名称最多为 24 个英文字母、字符，或 12 个汉字、日文假名，长度超过时将显示“数据超限”报警。

英文字母、字符可以直接通过 MDI 键盘输入，汉字、假名需要根据 FANUC 字符代码表，用 2 字节 16 进制代码代替，代码应带“＊”前缀和后缀。例如，汉字“电”、“源”、“断”、“路”、“器”的 FANUC 字符代码分别为 033E、0340、0326、043E、03C4，因此，MDI 输入时，应依次输入“＊033E03400326034C＊”等。

也可将易损件从定期维护信息显示页面删除，其操作步骤如下：

1）在图 10.1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖状态〗。

2）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选定需要删除的易损件后，按软功能键〖(操作)〗。

3）选择操作软功能键〖删除〗、并按〖执行〗键，所选定的易损件将从定期维护信息显示页面上删除。

3. 使用寿命的设定

设定易损件的使用寿命的操作步骤如下：

1）在图 10. 1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖状态〗。

2）按软功能键〖(操作)〗显示的操作软功能键，并按〖改变〗键选择使用寿命设定操作，LCD 将显示图 10. 1-2 所示的显示页面。

图 10. 1-2　使用寿命设定显示

3）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选定数据输入框。

4）根据不同栏的数据输入要求，用 MDI 面板的数字键、编辑键【INPUT】或操作软功能键〖输入〗、〖＋输入〗，输入或增量输入数据，进行使用寿命、剩余时间的设定；或者，通过选择软功能键〖类型〗，进行计数形式的设定。当执行不允许的设定操作时，LCD 将显示出错信息“不允许编辑”；当输入超过允许设定值时，LCD 将显示出错信息“数据超限”。

显示页上不同显示栏数据的含义和设定要求如下。

寿命：设定易损件的预计使用寿命，设定范围为 0 ~ 65535 小时。寿命栏输入数据后，“剩余”栏的数据将自动修改为和寿命栏同样的值，“计数形式”栏成为“——”（无效）。本栏不能用软功能键〖类型〗、〖删除〗选择寿命计算方式或删除数据。

剩余：设定易损件的预计剩余时间，设定范围为 0 ~ 寿命栏设定值。本栏不能用软功能键〖类型〗选择寿命计算方式；但可以通过按软功能键〖删除〗、并选择〖执行〗，删除已经使用的时间，将剩余栏设定为寿命栏同样的时间值。

计数形式：设定易损件使用寿命的计算方式，本栏设定需要按软功能键〖类型〗后，通过以下软功能键选择 CNC 规定的计算方式。

〖无效〗：不进行寿命计算，显示为“——”。

〖全部〗：按时钟计算寿命，包括电源未接通的停机时间。

〖开机〗：按 CNC 电源接通后的开机时间计算寿命。

〖运行〗：按自动运行时间计算寿命，不包括自动运行时的中间停止和进给保持时间。

〖切削〗：按执行 G01/02/03 等切削加工指令的时间计算寿命，不包括快速定位、辅助指令执行时间。

寿命计算方式选定后，按软功能键〖执行〗，完成计数形式栏数据输入。

4. CNC 易损件清单

CNC 易损件清单由 FANUC 公司编写，用户只能进行显示，但不能对其进行输入添加、修改和删除操作。CNC 易损件清单可以在图 10. 1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖数控〗显示，清单显示如图 10. 1-3 所示。

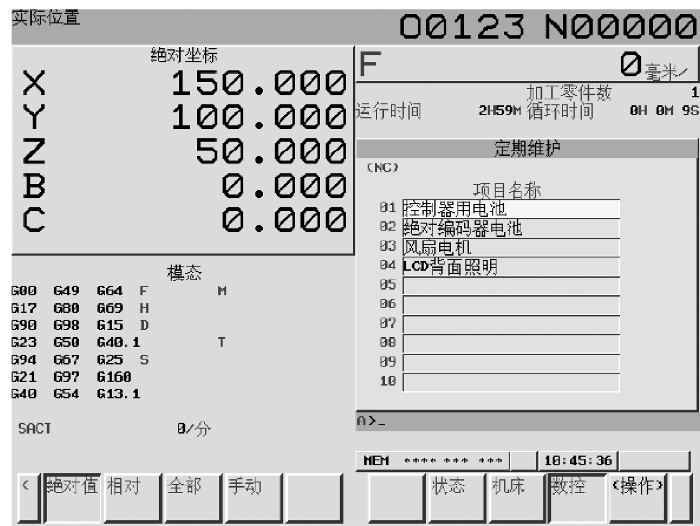


图 10. 1-3　CNC 易损件清单显示

5. 机床易损件清单

机床易损件清单用于机床易损件的登录，以便通过定期维护信息显示。机床易损件清单可以由机床生产厂家或机床使用者编写，其显示和输入操作步骤如下：

1）在图 10. 1-1 所示的定期维护信息显示页面上，选择软功能键〖机床〗，LCD 将显示图 10. 1-4 所示的机床易损件清单。

2）通过 MDI 面板上的光标移动键【↑】、【↓】，选定需要输入或需要修改的位置后，按软功能键〖(操作)〗。

3）通过前述状态显示页“易损件输入添加”同样的操作（见前述），通过 MDI 面板直接输入添加易损件、对已有的名称修改，或在选择操作软功能键〖删除〗后，按〖执行〗键，将指定的易损件从清单上删除。

机床易损件清单还可通过执行以下程序指令输入：

G10 L61 Px[n]

指令中的 x 用来指定易损件编号，n 为易损件名称，其格式要求与前述状态显示页面“易损件输入添加”相同。

例如，如果要在图 9-3. 4 所示的第 2 栏输入易损件名称“电源断路器”，其指令为 G10 P2［＊033E03400326034C＊］等。

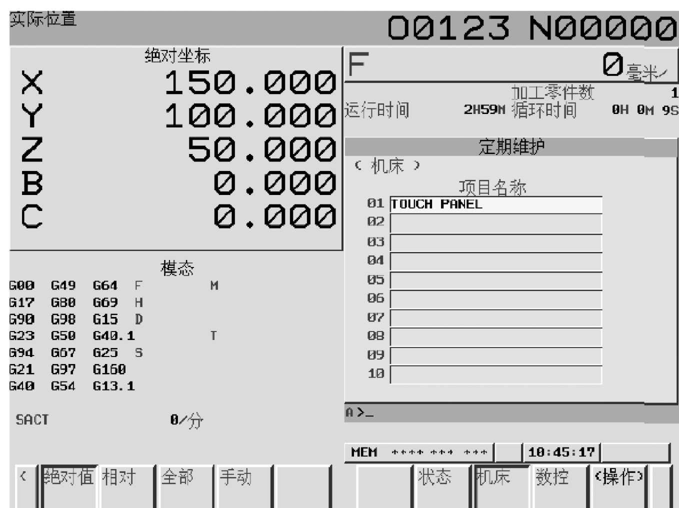


图 10.1-4 机床易损件清单显示

10.1.2 CNC 系统配置的显示

1. 功能概述

CNC 系统配置信息可以显示 CNC 系统的硬件、软件配置和伺服、主轴配置情况，以供 CNC 调试、功能设定或维修时更换 CNC、伺服和主轴驱动器、电机、编码器等参考。

CNC 系统配置信息可在 CNC 系统显示模式显示，由于系统配置必须有硬件、软件的支持，因此，使用者一般不能对其进行设定。显示 CNC 系统配置信息的基本操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能键〖系统〗，LCD 显示图 10.1-5 所示的系统配置信息显示页面。

系统配置信息显示页面，可通过软功能选择如下操作。

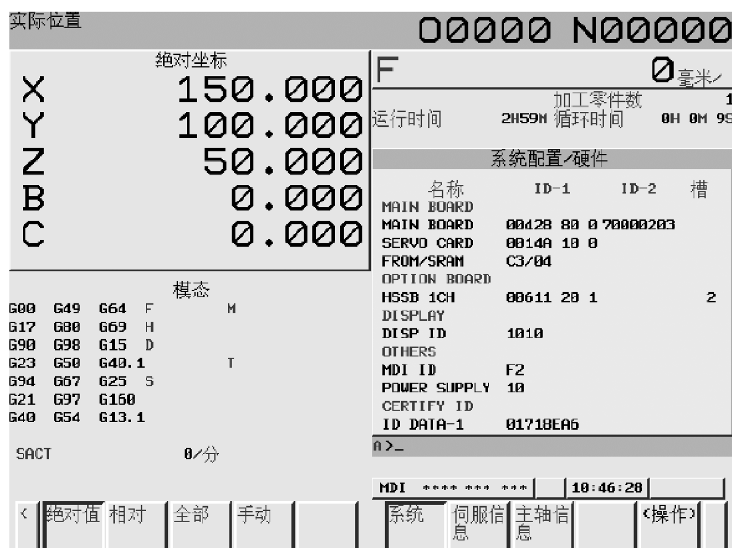


图 10.1-5 系统配置信息显示

〖系统〗：可显示 CNC 装置上所安装的硬件模块、ID 号、安装位置（插槽）等硬件配置信息以及所安装的软件名称、系列和版本等软件配置信息。

〖伺服信息〗（或〖伺服〗）：可显示 CNC 当前 FSSB 网络所连接的伺服驱动器（包括伺服模块、电源模块）、伺服电机及编码器的规格和型号。

〖主轴信息〗（或〖主轴〗）：可以显示当前 CNC 串行主轴总线所连接的主轴驱动器（包括伺服模块、电源模块）、主轴电机的规格和型号。

系统配置信息的显示和设定操作步骤如下。

2. 系统信息

选择图 10.1-5 所示的系统配置信息显示页的软功能键〖系统〗，可显示图 10.1-6 所示的系统硬件、软件信息。由于系统功能的不同，硬件、软件显示可能有多页，显示页面可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】切换。

系统配置/硬件

名称	ID-1	ID-2	槽
MAIN BOARD			
MAIN BOARD	00428 80 0	70000203	
SERVO CARD	0014A 10 0		
FROM/SRAM	C3/04		
OPTION BOARD			
HSSB 1CH	00611 20 1		2
DISPLAY			
DISP ID	1010		
OTHERS			
MDI ID	F2		
POWER SUPPLY	10		
CERTIFY ID			
ID DATA-1	01718EA6		

a)

系统配置/软件

系统	系列	版本
CNC(BASIC)	XXM1	99.X
CNC(OPT A1)	XXM1	99.X
CNC(OPT A2)	XXM1	99.X
CNC(OPT A3)	XXM1	99.X
CNC(MSG ENG)	XXM1	99.X
CNC(MSG JPN)	XXM1	99.X
CNC(MSG DEU)	XXM1	99.X
CNC(MSG FRA)	XXM1	99.X
CNC(MSG CHT)	XXM1	99.X
CNC(MSG ITA)	XXM1	99.X
CNC(MSG KOR)	XXM1	99.X
CNC(MSG ESP)	XXM1	99.X
CNC(MSG NLD)	XXM1	99.X

b)

图 10.1-6　系统信息显示

a）硬件显示　b）软件显示

系统硬件显示页的内容如下。

MAIN BOARD 栏：显示主板以及主板上安装的轴控制卡、存储卡等硬件的 ID 号。

OPTION BOARD 栏：显示扩展插槽上所安装的附加功能板的 ID 号和插槽位置。

DISPLAY 栏：显示 LCD 的 ID 号。

OTHERS 栏：显示 CNC 的 MDI 单元、电源模块等的 ID 号。

软件显示页可以显示软件的名称、系列和版本等信息。

3. 伺服与主轴信息

在图 10.1-5 所示的系统配置信息显示页上，如按软功能键〖伺服信息〗（或〖伺服〗），可显示图 10.1-7 所示的伺服配置信息。伺服配置一般按照坐标轴显示，在多轴控制的 CNC 上，其显示有多页，操作者可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，进行坐标轴的切换。

在图 10.1-5 所示的系统配置信息显示页上，如按软功能键〖主轴信息〗（或〖主轴〗），可显示图 10.1-8 所示的主轴配置信息。在多主轴控制的 CNC（如车削中心等），主轴配置信息显示有多页，不同主轴的显示可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，进行相互切换。



图 10.1-7　伺服信息显示

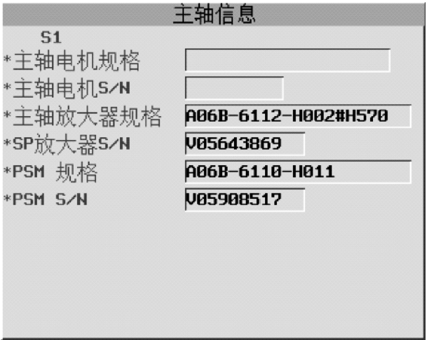


图 10.1-8　主轴信息显示

10.1.3　操作履历的显示

1. 功能概述

FS-0iD 的履历信息包括 CNC 报警履历和操作履历两大部分内容。CNC 报警履历记录了 CNC 报警和机床生产厂家设置的外部操作信息两部分内容；操作履历记录了 MDI 键盘的操作、PMC-DI/DO 信号（X/Y/F/G）的变化以及刀具偏置、坐标系原点偏置、CNC 参数、用户宏程序变量的变更情况。

履历信息的储器容量大约为 8000 次 MDI 操作；当记录内容超过存储器容量时，将按照时间次序，自动删除早期记录、保留最近信息。完整的履历信息可以通过 CNC 的数据输入/输出接口，以文本的形式输出到外部设备上。

利用 CNC 的操作履历显示功能，可显示 CNC 报警发生情况、MDI 键盘操作情况、PMC-DI/DO 信号 X/Y/F/G 的变化情况。但是，详细的 CNC 报警和外部操作信息，需要通过 MDI 面板的功能键【MESSAGE】，选择 CNC 的信息显示模式后显示，有关内容可参见 10.1.4 节；刀具偏置、坐标系原点偏置、用户宏程序变量的变更情况只能通过输入/输出接口输出，而不能在 LCD 上显示。

CNC 报警履历和操作履历的记录、显示与 CNC 参数的设定有关，有关 CNC 报警履历的 CNC 参数设定要求将在 10.1.4 节进行介绍，与操作履历有关的 CNC 参数如下。

PRM3106.4：功能选择。设定“0”，操作履历不在 LCD 上显示；设定“1”，LCD 可显示部分操作履历。

PRM3122：时标。操作履历中显示的时标间隔，设定分为 0～1440 分钟，设定 0 时为 10 分钟。

PRM3195.5：MDI 键盘操作历史记录设定。设定“0”，记录 MDI 键盘操作历史；设定“1”，不记录。

PRM3195.6：DI/DO 信号变化历史记录设定。设定“0”，记录 DI/DO 信号变化历史；设定“1”，不记录。

PRM3195.7：操作履历总清软功能键显示设定。设定“0”，不显示操作履历总清软功能键〖全清〗；设定“1”，显示。

PRM3196.0：刀具偏置变更记录设定。设定“0”，履历信息不记录刀具偏置变更情况；设定“1”，记录。

PRM3196.1：工件坐标系偏置变更记录设定。设定“0”，履历信息不记录工件坐标系偏置变更情况；设定“1”，记录。

PRM3196.2：CNC 参数变更记录设定。设定“0”，履历信息不记录 CNC 参数变更情况；设定“1”，记录。

PRM3196.3：用户宏程序变量变更记录设定。设定“0”，履历信息不记录用户宏程序变量变更情况；设定“1”，记录。

PRM3196.7：在履历信息中添加报警时的附加信息，例如，报警时的模态 G 代码、绝对位置值、外部操作信息和用户宏程序报警文本等。设定“0”，添加；设定“1”，不添加。

PRM12990～12999：添加在履历信息中的模态 G 代码组选择，CNC 参数 PRM3196.7 设定为“0”时，指定组的模态 G 代码可以作为附加信息添加到履历信息中。

2. DI/DO 信号选择

如果需要，可在 CNC 的操作履历显示页上 DI/DO 信号的变化状态，可以最多可选择 60 个 PMC 的 DI/DO 信号，作为操作信号在操作履历上记录、显示其变化历史。DI/DO 信号地址需要通过以下操作事先选定：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，显示软功能键〖操作履历〗（或〖操作历〗），LCD 将显示〖操作履历〗（或〖操作历〗）和〖信号选择〗软功能键。

3）按〖信号选择〗软功能键，LCD 可显示图 10.1-9 所示的 DI/DO 信号地址选择页。



图 10.1-9 DI/DO 信号地址设定显示

4）按软功能键〖(操作)〗，并用光标移动键【↑】、【↓】，选择需要设定的位置。

5）通过 MDI 面板输入信号地址，如 G0004、X0010 等，并按编辑键【INPUT】输入后，选定位置的“地址（ADDRES）”栏显示便成为所输入的地址值，对应的“信号”栏将成为初始设定值“00000000”。操作履历上只能显示和记录 PMC 的机床 I/O 信号（地址 X＊/Y＊）及 CNC 的 I/O 信号（地址 G＊/F＊），内部继电器 R＊、数据寄存器 D＊等不能作为操作履历记录信号。

6）用光标移动键【←】、【→】选择需要的信号位，按软功能键〖ON：1〗，该位显示

变成“1”后，即成为履历记录信号；如果需要将该信号地址下的全部位均作为履历记录信号，在光标涵盖所有位时，直接按软功能键〖ON：1〗，可以一次性将该地址的信号栏状态设定为“11111111”。

7）如果需要删除信号，可以通过光标选定信号位后，按软功能键〖删除〗、再按〖执行〗，该信号的履历记录功能将被删除。如果选择〖全删除〗、再按〖执行〗，所有 DI/DO 信号的履历记录功能将一次性删除。

3. 操作履历显示

CNC 的报警发生情况、MDI 操作记录和 PMC 的 DI/DO 信号变化记录可在 CNC 的系统显示模式下显示，显示操作履历的步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，显示软功能键〖操作履历〗（或〖操作历〗），LCD 将显示〖操作履历〗（或〖操作历〗）和〖信号选择〗软功能键。

3）选择〖操作履历〗软功能键，LCD 可显示图 10.1-10 所示的操作履历。

在操作履历显示页面上，操作的记录用以下形式显示。

图 10.1-10　操作履历显示

号：为操作履历的序号，号越小、操作时间越早。

MDI 面板的数字、字母键操作：直接以按键的名称（黑字）显示其操作记录，如 0、1、+、X 等。

MDI 面板的功能键、编辑键、光标键操作：以加“<　>”的形式显示其操作记录，如 <POS>、<SYSTEM>、<INPUT>、<RESET>、<PAGE↑>、<CUR↓>等；在多通道控制的 CNC 上，以前缀“01_ ”、“02_ ”表示通道，如 01_ <RESET>等。

功能键操作：以［SOFT 1］～［SOFT 10］及［LEFT F］、［RIGHT F］的形式，分别显示软功能键 1～10 和返回软功能键、扩展软的操作记录；在多通道控制的 CNC 上，以前缀“01_ ”、“02_ ”表示通道，如 01_［SOFT 1］、02_［RIGHT F］等。

接通/断开电源的操作：电源接通的时间及接通时的按键操作，以绿底白字显示；电源断开的时间以绿字显示。

DI/DO 信号变化：以地址和“↑”、“↓”符号表示信号的变化情况，例如，G0002↑表示信号 G0002 从状态“0”变为状态“1”等；但不能显示宽度小于 8ms 的高速 DI/DO 信号。当同一时刻、同一信号地址下的多个位同时变化时，其状态记录在同一条履历信息上。

CNC 报警：可以在操作履历上显示报警号和发生时刻，例如，SW0100 2008/05/20 10：10：14 等，报警显示为红底、白字（见图 10.1-10）。在多通道控制的 CNC 上，以前缀“01_ ”、“02_ ”表示通道。

报警文本、报警时的附加信息、外部操作信息、宏程序报警、刀具偏置变更、坐标系原点偏置变更、CNC 参数变更、用户宏程序变量变更的记录，不能在 LCD 的操作履历显示页面显示，但可以通过 CNC 的数据输入/输出接口，以文本的形式输出到外部设备上。

4）操作履历有多页，可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】和光标移动键【↑】、【↓】，选择所需要的页面查看。此外，还可以通过按软功能键〖(操作)〗，利用图 10.1-9 所示的操作软功能，选择查看内容。

〖顶部〗：回到履历顶部，查看最早的操作记录。

〖底部〗：显示最后页，查看最近的操作记录。

〖搜索号码〗：通过输入履历序号，查看指定的操作记录。

5）可根据需要，对操作履历进行总清操作。按软功能键〖(操作)〗、并选择软功能键〖全清〗，接着按〖执行〗，可以清除全部操作履历。

4. 操作履历的输出

操作履历可以通过 CNC 的数据输入/输出接口，以文本的形式输出到外部设备上。履历信息输出为 ASCII 码格式，输出文本示例如图 10.1-11 所示。

```
%
=============== OPERATION HISTORY ===============
Data delete at 2000/01/23 12:34:01
MDI 01_<RESET> 12:34:02
MCR_Message MACRO MESSAGE  at 2000/01/23 12:34:03
Alarm 01_MC03001 Message MACRO ALRM
G0.G97.G69.G99.G21.G40.G25.G22.G80.D0.E0.F0.H0.M0.N0.O1234 S0.T0.
X1 ABS 0.005 MCN 0.000 Z1 ABS 0.010 MCN 0.000 at 2000/01/23 12:34:04
MDI 01_<SYSTEM> 12:34:05
MDI 01_[RIGHT F] 12:34:06
MDI 01_[RIGHT F] 12:34:07
MDI 01_[RIGHT F] 12:34:08
MDI 01_[SOFT HF9] 12:34:09
DI/DO  1_ G0043.1_on 12:34:10
Alarm 01_SR01973
G0.G97.G69.G99.G21.G40.G25.G22.G80.D0.E0.F0.H0.M0.N0.O1234 S0.T0.
X1 ABS 0.005 MCN 0.000 Z1 ABS 0.010 MCN 0.000 at 2000/01/23 12:34:11
MDI 01_<RESET> 12:34:12
EXT_Message 02001 EXT MESSAGE at 2000/01/23 12:34:13
```

图 10.1-11 操作履历文本示例

操作履历的文本输出操作步骤如下：

1）选择 EDIT 操作方式，按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，显示软功能键〖操作履历〗（或〖操作历〗），LCD 将显示〖操作履历〗（或〖操作历〗）和〖信号选择〗软功能键。

3）选择〖操作履历〗软功能键，LCD 显示操作履历记录。

4）按软功能键〖(操作)〗后，选择软功能键〖文件输出〗。

5）通过 MDI 面板输入文件名后，按软功能键〖执行〗。如果没有输入文件名、直接按软功能键〖执行〗，其输出文件名将自动选择默认设定“OPRT_ HIS. TXT”。

以文本形式输出的操作履历不仅包含了操作履历显示页的内容，而且还包括了不能在操作履历页面上显示的 CNC 报警文本、报警附加信息、外部操作信息、用户宏程序报警、刀具偏置的变更记录、坐标系原点偏置的变更记录、CNC 参数的变更记录、用户宏程序变量的变更记录等全部内容。

10. 1. 4　CNC 报警显示与诊断

1. CNC 报警显示

一般而言，当 CNC 发生报警时可自动显示报警显示页面，操作者可根据报警的内容检查、分析故障原因，进行相应的维修操作。但是，在 CNC 参数 PRM3111. 7 设定为“1”时，CNC 发生报警后，只能在状态栏显示“ALM”标记，此时，操作者需要选择 CNC 的信息显示模式，显示 CNC 报警。选择 CNC 的信息显示模式后，还可以利用软功能键的操作，进一步显示外部操作信息和报警履历等内容。

CNC 的信息显示模式通过按 MDI 面板的功能键【MESSAGE】选择，在此基础上，可利用表 10. 1-1 所示的软功能键，进行显示切换和相关的设定操作。

表 10. 1-1　CNC 信息显示操作一览表

页面-键序	软功能键		显示内容	显示和操作
	英文	中文(8. 4in)		
1-1	〖ALM〗	〖报警〗	CNC 报警	显示 CNC 报警信息。
1-2	〖MESSAGE〗	〖信息〗	外部操作信息	显示机床生产厂家设置的外部操作信息
1-3	〖HISTRY〗	〖履历〗	CNC 报警履历	显示 CNC 报警的历史记录

CNC 的报警信息显示页面如图 10. 1-12 所示，双通道（FANUC 手册称为 2 路径）控制的 CNC 一般以图 10. 1-12b 所示的画面分隔形式，显示不同通道（路径）的报警信息，但也可通过设定 CNC 参数 PRM3193. 2 为 1，使之成为单通道报警显示。

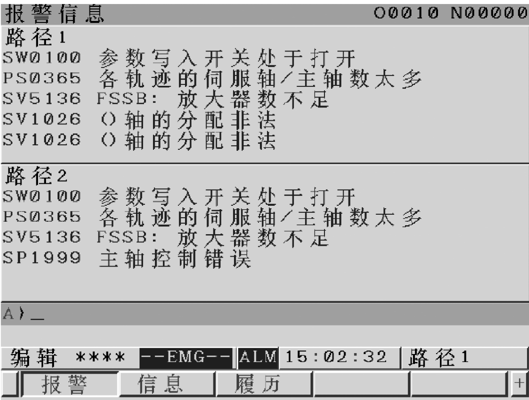
CNC 报警显示包括报警号、报警文本两部分，如果多个报警同时发生，操作者可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】显示其他报警。如果机床使用了用户宏程序功能，还可以通过用户宏程序编制报警文本，并作为 CNC 报警显示，有关内容可参见第 5 章。

当 CNC 参数 PRM3112. 2 设定“1”时，可通过按图 10. 1-12 中的软功能键〖信息〗，在 LCD 上显示外部操作信息。外部操作信息为机床生产厂家利用 PMC 程序设计的机床报警，它同样由报警号和报警内容（文本）两部分组成，其内容可参见机床使用说明书。

CNC 的报警显示页面，可通过 MDI 面板的【MESSAGE】键，进行图 10. 1-13 所示的报



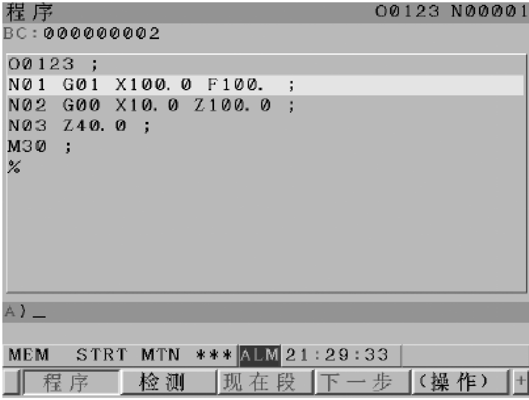
a)



b)

图 10.1-12 CNC 报警显示

a）单通道控制 b）2 通道控制



a)



b)

图 10.1-13 报警显示的切换

a）状态栏显示 b）报警信息显示

警信息显示和报警状态栏显示的相互切换。当 CNC 或机床的故障原因排除后，可通过 MDI 面板上的【RESET】键，清除 CNC 报警和外部操作信息。

2. 报警履历显示

CNC 的报警履历最多可记录最近发生的 50 次报警，报警履历可通过按图 10.1-11 上的软功能键〖履历〗显示，显示页面如图 10.1-14 所示。

外部操作信息履历可以在软功能键扩展后，选择〖MSGHIS〗进行显示；在选择以太网功能的 CNC 上，还可以通过扩展软功能〖内嵌板日志〗、〖PCM 日志〗、〖板日志〗等软功能键显示以太网卡的出错信息。

报警履历的内容与 CNC 参数的设定有关，具体如下。

PRM3112.3：外部操作信息和用户宏程序报警文本记录设定。设定“0”，外部操作

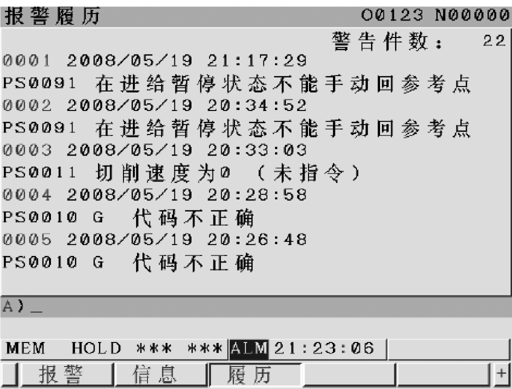


图 10.1-14 CNC 报警履历显示

信息和用户宏程序报警文本不作为履历信息记录；设定“1”，如 CNC 参数 PRM3196.7 设定为“0”，履历信息中记录外部操作信息和用户宏程序报警文本。

PRM3196.6：外部操作信息和用户宏程序报警的履历设定，设定“0”，作为履历信息记录；设定“1”，不记录。

PRM3196.7：在履历信息中添加报警时的附加信息，例如，报警时的模态 G 代码、绝对位置值、外部操作信息和用户宏程序报警文本等。设定“0”，添加；设定“1”，不添加。

PRM3113.0：外部操作信息的删除，设定“0”，不能删除；设定“1”，可以删除。

PRM3113.7/3113.6：外部操作信息履历记录的次数和字符数设定选择。

PRM12990～12999：添加在履历信息中的模态 G 代码组选择，CNC 参数 PRM3196.7 设定为“0”时，指定组的模态 G 代码可以作为附加信息添加到履历信息中。

3. CNC 诊断显示

当 CNC 发生报警时，可以通过 CNC 的诊断信息，检查故障发生的原因。CNC 的诊断信息可以在系统显示模式下，通过选择软功能键〖诊断〗予以显示，其操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能〖诊断〗，LCD 将显示图 10.1-15 所示的诊断数据显示页面。

3）诊断数据显示有多页，可通过 MDI 面板的选页键【PAGE↑】、【PAGE↓】，选择所需使的显示页面；或按软功能键〖(操作)〗后，利用 MDI 面板输入诊断数据号、选择操作软功能键〖No. 检索〗，直接显示指定的诊断参数。

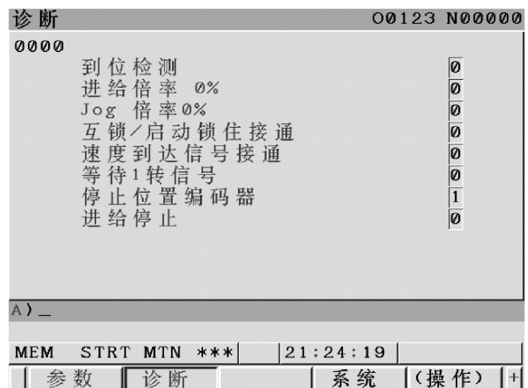


图 10.1-15　CNC 诊断显示

FS-0iD 的诊断数据包含了大量 CNC 工作状态信息，它是故障分析和处理的重要依据，有关内容将在与本书配套出版的《FANUC-0iD 调试与维修》一书中进行详细介绍。

4. 波形诊断功能

利用 FS-0iD 的波形诊断功能，可直接显示转矩、转速、位置跟随误差等伺服、主轴参数及 PMC-DI/DO 信号状态的动态变化过程，使 CNC 具有类似于示波器的功能。能够利用波形显示的参数如下。

伺服轴：加减速前/后的位置给定指令、转矩给定指令以及位置跟随误差、实际电机转速、电机输出转矩、温度和各坐标轴合成速度等。

主轴：实际主轴转速、输出转矩和同步误差等。

PMC：不但可以显示 PMC 的机床输入/输出（X/Y）、CNC 输入/输出（/F/G）信号，而且能够显示 PMC 的内部继电器 R、数据寄存器 D 等 DI/DO 信号的状态。

在同一显示页面，LCD 最多可以同时显示 4 个伺服或主轴的连续变化参数，或者 9 个 PMC-DI/DO 信号的波形。伺服、主轴参数和 PMC-DI/DO 信号也可以同时在一页上显示。

CNC 的波形诊断可以在系统显示模式下，通过选择软功能键〖波形诊断〗显示，其操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖波形诊断〗，按此键进入波形显示。

3）如果波形诊断功能参数已正确设定，在波形显示页面上，按软功能键〖波形图〗，LCD 将显示图 10.1-16 所示的信号动态变化曲线。

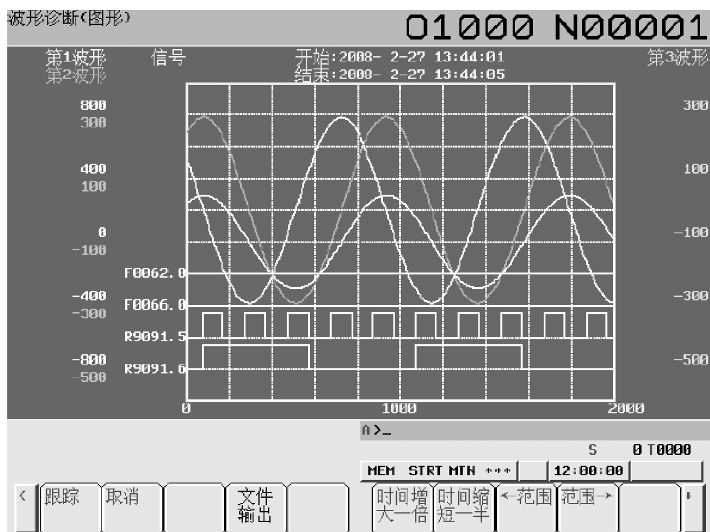


图 10.1-16 CNC 波形诊断显示

4）利用时间调整、范围调整和波形调整等软功能键，调整图形的时间比例、显示区间和放大、缩小波形。

5）如果需要，波形诊断数据可以通过 CNC 的输入/输出接口，以文本的形式输出到外部设备上。

FS-0iD 的波形诊断功能需要设定相应的参数，有关内容将在与本书配套出版的《FANUC-0iD 调试与维修》一书中进行详细介绍。

5. CNC 维护信息

CNC 维护信息是 FANUC 服务人员或机床生产厂家维修人员进行机床维护、维修的记录。维护信息可以通过 MDI 面板进行编辑和输入，信息保存在 CNC 的 Flash-ROM 中。维护信息的编辑和显示与 CNC 的参数设定有关，相关参数如下。

PRM3116.7：维护信息删除功能设定。设定“0”，不能删除维护信息；设定“1”，可以删除。

PRM3206.1：维护信息编辑功能设定。设定“0”，允许编辑维护信息；设定“1”，禁止编辑维护信息。

PRM8901.7：维护信息显示设定。设定“0”，允许显示维护信息；设定“1”，禁止显示维护信息。

CNC 维护信息可以在系统显示模式下，通过选择软功能键〖维护信息〗显示，其操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖维护信息〗（或〖M-信息〗），按此键 LCD 可

显示图 10.1-17 所示的维护信息页面和〖编辑〗、〖跳转〗、〖(操作)〗等软功能键。

维护信息的输入可采用读入和 MDI 编辑两种方式编写，CNC 初始选择为读入，按软功能键〖编辑〗可以切换到 MDI 编辑方式。不同输入方式下的软功能键显示有如下不同。

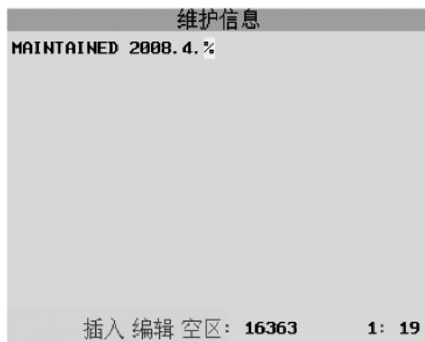


图 10.1-17　CNC 维护信息显示

读入方式的软功能键显示及作用如下。

〖编辑〗：维护信息的输入方式切换。按此键可以切换到下述的编辑方式。

〖跳转〗：使得光标跳转到维护信息的起始或结束位置。

编辑方式的软功能键显示及作用如下。

〖结束〗：维护信息编辑完成。按此键可进一步显示操作软功能键〖保存〗、〖退出〗，选择〖保存〗，维护信息将保存到 CNC 的 Flash-ROM 中；选择〖退出〗，将直接退出维护信息编辑操作，信息不能保存到 Flash-ROM 中。

〖KN/ABC〗：切换文字输入格式，选择 KN 为日文假名输入；选择 ABC 为英文输入。所选定的输入格式可以在图 10.1-16 所示的状态栏，“插入”显示前的位置上显示。

〖擦除〗：当 CNC 参数 PRM3116.7 设定为“1”时，可以删除全部维护信息。

〖I/O〗：按此键可以选择〖文件输入〗、〖文件输出〗软功能键，通过 CNC 的数据输入/输出接口，进行维护信息的输入和输出。

〖跳转〗：使得光标跳转到维护信息的起始或结束位置。

如果需要通过 MDI 面板编辑维护信息，需要选择 MDI 操作并取消参数写入保护功能，然后，在选择维护信息页面，继续如下操作。

3）按软功能键〖(操作)〗、选择〖编辑〗键，并通过软功能键〖KN/ABC〗选定文字输入格式。

4）利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】和光标移动键【←】/【→】，选定编辑位置。

5）利用 MDI 面板的编辑键【DELETE】，可删除光标指定的字符；利用编辑键【CAN】，可删除输入缓冲器中的字符或删除光标前一个位置的字符；利用编辑键【INSERT】则可以转换“插入”和“覆盖”操作；在 MDI 输入字符后，按编辑键【INPUT】，则可输入字符。

6）编辑完成后，必须按软功能键〖结束〗，结束编辑操作。

7）选择软功能键〖保存〗或〖退出〗，将维护信息将保存到 CNC 的 Flash-ROM 中或直接退出维护信息编辑操作；选择退出时，信息不能保存到 Flash-ROM 中。

如果输入内容过多、输入错误或操作方式不正确，CNC 可以显示“容量不足”、“非法数据”、“CNC 参数错误”、“指令使用非法”、“不能执行指令”或“错误方式”、“不允许编辑”、“写保护”等出错信息。

6. 存储器显示

利用 CNC 的存储器信息功能，可以显示指定存储器的内容，功能在 CNC 参数

PRM8950.0 设定“1”时有效。显示存储器信息的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】，选择系统显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖存储器〗，按此键 LCD 可显示图 10.1-18 所示的存储器信息。

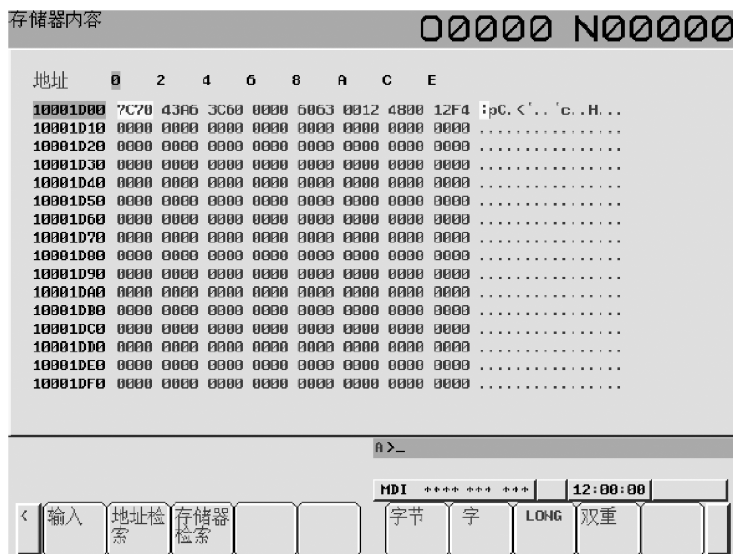


图 10.1-18 CNC 存储器信息显示

3）根据需要，通过选择软功能键〖地址检索〗、〖存储器检索〗，直接检索指定存储器或内容；通过软功能键〖字节〗、〖字〗、〖LONG〗（双字）、〖双重〗（四字）可以选择存储器数据的显示形式。存储器信息显示一般应通过专业维修人员进行检查和设定。

10.2 PMC 显示与监控

10.2.1 基本说明

1. 功能说明

PMC 是 CNC 的重要组成部分，它起着控制 CNC 运行、编译 CNC 辅助指令、实现机床动作等作用。机床操作按钮、检测开关等都需要通过 PMC 程序转换为 CNC 的控制信号；CNC 的辅助机能代码、工作状态信号，需要通过 PMC 程序转换为机床动作和指示，因此，机床操作、调试、维修时需要对 PMC 进行状态监控、参数设定、程序编辑等诸多操作。

PMC 的状态显示和设定可在 CNC 系统显示模式下进行，其内容包括 PMC 维修（PMC-MNT）、PMC 梯形图（PMCLAD）、PMC 配置（PMCCNF）三部分。在配置有 I/O-Link 控制轴的 CNC 上，还可通过软功能键〖PM.MGR〗，选择 Power Mate 管理器功能，进行 I/O-Link 轴的位置、报警等状态的显示和参数设定。

PMC 维修、PMC 梯形图是机床故障诊断和维修的常用操作，前者主要用于 PMC 输入/输出信号的状态监控、PMC 报警显示、PMC 参数的显示和设定等；后者用于 PMC 梯形图程序的显示、监控和编辑。PMC 配置主要用于机床调试，它包括 PMC 的 I/O-Link 网络配置、

PMC 功能设定等。

由于 PMC 的程序设计和编辑一般在 CNC 调试时进行，有关内容将在配套出版的《FANUC 0iD 调试与维修》一书中详细阐述，本节将介绍操作、维修人员常用的 PMC 基本设定、监控操作。

2. 操作与显示

利用 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择 CNC 系统显示模式后，可通过软功能键的扩展，显示 PMC 功能选择软功能键〖PMCMNT〗、〖PMCLAD〗、〖PMCCNF〗。选择不同的软功能键，便可进入相应的显示和设定页面，并进一步显示表 10.2-1 中的软功能键，以便进行相关操作。

表 10.2-1 PMC 显示和设定操作一览表

项　　目	软功能键		显示和操作
	英文	中文(8.4in)	
〖PMCMNT〗	〖STATUS〗	〖信号〗	信号状态显示
	〖I/OLNK〗	〖I/OLNK〗	I/O-Link 网络链接显示
	〖ALARM〗	〖报警〗	PMC 报警显示
	〖I/O〗	〖I/O〗	PMC 数据的输入/输出
	〖TIMER〗	〖定时〗	定时器的设定和显示
	〖COUNTR〗	〖计数器〗	计数器的设定和显示
	〖KEEPRL〗	〖K 参数〗	保持型继电器的设定和显示
	〖DATA〗	〖数据〗	数据寄存器的设定和显示
	〖TRACE〗	〖跟踪〗	信号时序图跟踪显示
	〖TRPRM〗	〖TRCPRM〗	信号时序图跟踪参数设定
	〖I/ODGN〗	〖I/O 诊断〗	I/O 信号综合显示和诊断
〖PMCLAD〗	〖LIST〗	〖列表〗	PMC 程序一览表显示
	〖LADDER〗	〖梯形图〗	PMC 梯形图显示和动态监控
	〖D. COIL〗	〖双层圈〗	多重线圈检查
〖PMCCNF〗	〖TITLE〗	〖标头〗	PMC 程序标题的显示和编辑
	〖SETING〗	〖设定〗	PMC 设定
	〖PMCST. 〗	〖PMC 状态〗	PMC 工作状态显示
	〖SYSPRM〗	〖SYS 参数〗	PMC 系统参数设定
	〖MODULE〗	〖模块〗	I/O 模块设定
	〖SYMBOL〗	〖符号〗	符号表的显示和编辑
	〖MSSAGE〗	〖信息〗	机床操作信息的显示与编辑
	〖ONLINE〗	〖在线〗	PMC 在线

表中的 PMC 配置（〖PMCCNF〗）一般在机床首次调试时进行，有关内容可参见本书配套出版的《FANUC 0iD 调试与维修》一书。

3. 信号与地址

FS-0iD 的 PMC 信号包括机床侧的输入/输出、CNC 的输入/输出和 PMC 内部信号三部

分，信号的名称、地址见表 10.2-2。表中的地址范围是 PMC 允许使用的最大地址范围，其实际使用范围、数量与 PMC 型号、机床要求等有关。

表 10.2-2 PMC 信号与地址一览表

类　别	一般表示	常用范围(字节)	说　明
机床输入	X＊＊＊.0～X＊＊＊.7	X0～X127、X200～X327	来自机床的输入信号
机床输出	Y＊＊＊.0～Y＊＊＊.7	Y0～Y127、Y200～Y327	输出到机床的信号
CNC 输入	F＊＊＊.0～F＊＊＊.7	F0～F767、F1000～F1767	来自 CNC 的输入信号
CNC 输出	G＊＊＊.0～G＊＊＊.7	G0～G767、G1000～G1767	输出到 CNC 的信号
内部继电器	R＊＊＊.0～R＊＊＊.7	R0～R7999	程序中间结果寄存
		R9000～R9499	系统内部状态信号
扩展继电器	E＊＊＊.0～E＊＊＊.7	E0～E9999	程序中间结果寄存
数据寄存器	D＊＊＊.0～D＊＊＊.7	D0～D2999	PMC 数据寄存
保持型继电器	K＊＊＊.0～K＊＊＊.7	K0～K99、K900～K999	PMC 控制参数设定和状态寄存
定时器	T＊＊＊	T0～T499	定时控制
计数器	C＊＊＊	C0～C399、C5000～C5199	计数控制
信息显示	A＊＊＊.0～A＊＊＊.7	A0～A249、A9000～A9249	机床操作、出错信息显示

4. PMC 信息显示

PMC 信息的显示如图 10.2-1 所示，它分标题行、基本显示区、状态显示区 3 个基本区域。

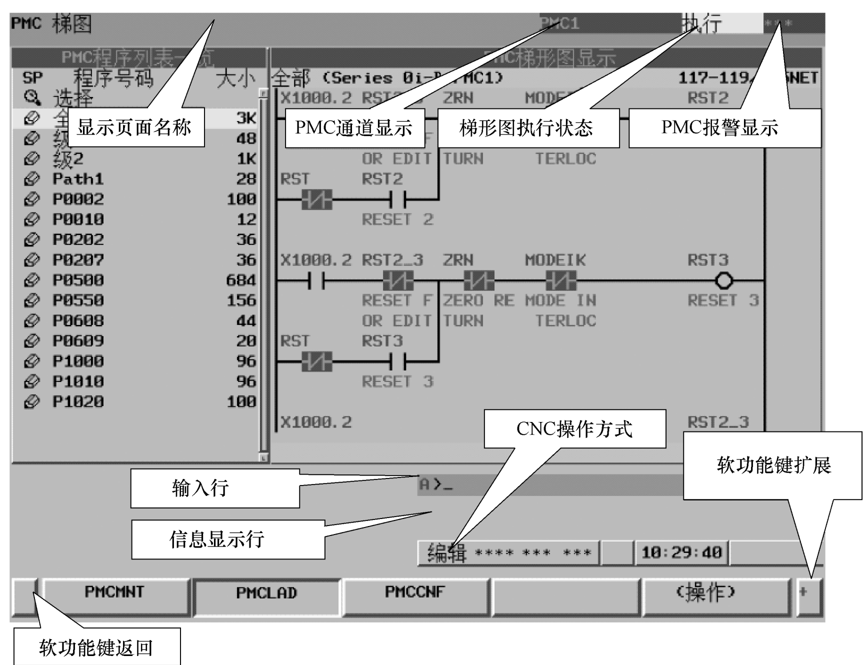


图 10.2-1 PMC 信息显示

显示页面的第 1 行为标题行，它可显示页面名称、PMC 控制通道、梯形图执行状态、PMC 报警等内容。显示页面的中间区域为 PMC 信息显示区，其内容决定于所选择的操作。显示页面的下部的状态区可显示输入内容（输入行）、报警信息（信息显示行）及 CNC 的操作方式、时钟等内容。

10.2.2　PMC 维修信息

按 MDI 面板的功能键【SYSTEM】选择 CNC 系统显示模式后，可通过 PMC 维修扩展软功能键〖PMCMNT〗，显示如下 PMC 维修信息。

1. 信号状态显示

在 PMC 维修〖PMCMNT〗键选择后，如按软功能键〖信号〗，LCD 可显示图 10.2-2 所示的信号状态显示页面。



图 10.2-2　信号状态显示

I/O 信号状态显示按 PMC 的存储器地址（绝对地址）排列，DI/DO 信号以字节为单位显示，可同时显示位状态和 16 进制值，在使用符号地址的 PMC 上，还可在附加信息行显示光标指定信号的符号地址和注释。进行了输入/输出状态强制设定的 DI/DO 信号，在二进制状态前显示有“ > ”标记。

I/O 信号显示页面可通过以下操作软功能键，选择所需的操作。

〖搜索〗：在 MDI 面板输入信号地址后，按此键可直接搜索指定地址的信号，并在 LCD 上显示。

〖10 进〗：DI/DO 信号的数值以十进制格式显示。

〖16 进〗：DI/DO 信号的数值以十六进制格式显示。

〖强制〗：切换到 PMC 的 DI/DO 信号状态强制设定页面。

〖次 PMC〗：切换到从站 PMC 显示。

2. 网络链接信息

在 PMC 维修〖PMCMNT〗菜单下，如选择软功能键〖I/OLNK〗，LCD 可显示图 10.2-3

所示的 I/O-Link 网络链接信息。

I/O 网络链接显示各栏的含义如下。

通道：显示 PMC 通道号。

组：组号，它代表 I/O 单元（I/O 从站）在 I/O-Link 网络中的安装位置，离 PMC 最近的 I/O 单元的组号为 0，后续的单元依次递增。

ID：显示 I/O 单元的 ID 号，不同的 PMC-I/O 单元有规定的 ID 号，PMC 将根据单元 ID 号自动分配 I/O 点数和相对地址。例如，操作面板连接单元的 ID 号为“82”，FANUC 标准机床操作面板的 ID 号为“53”等。

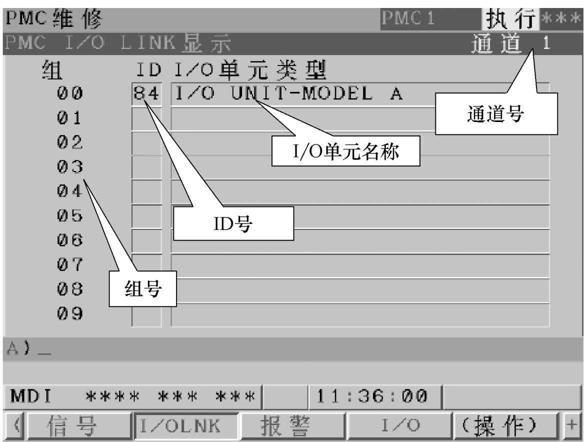


图 10.2-3 I/O 网络链接信息显示

I/O 单元类型：显示 I/O 单元的类型和名称，例如，操作面板 I/O、I/O UNIT-MODEL A（I/O 单元 A）等。

3. IO 综合诊断

在 PMC 维修〖PMCMNT〗菜单下，如选择扩展软功能键〖I/O 诊断〗，LCD 可显示图 10.2-4 所示的 I/O 信号综合诊断页面，该页面可显示 I/O 信号的全部信息。



图 10.2-4 I/O 综合诊断显示

I/O 信号综合诊断页各栏的含义如下。

GRP：PMC 符号地址的分组名，通过扩展软功能键〖组〗或〖全组〗，可选择符号地址组或显示所有组的信号。

程序符号：显示信号在 PMC 程序中所使用的符号地址。

地址：显示信号的 PMC 存储器地址（绝对地址）。

值：信号的状态或 10 进制数值。

I/O 信息：指示信号的 I/O 链接情况。显示值的首字母代表模块类型，“I”为输入模块、“O”为输出模块、“*”为其他模块。第 2、3 位为从站链接信息，I/O-Link 从站以“Ln”表示（n 为 PMC 通道号）；PROFIBUS 从站显示“P”。第 4 ~6 位为从站的网络地址，I/O-Link 地址以“组·基座号·插槽号”的形式显示，“组”的含义同前述的 I/O 网络链接显示；基座是带扩展机架的分布式 I/O 单元的机架序号，其他单元为“0”；插槽是分布式 I/O 单元的 I/O 模块序号，其他单元为“1”。最后位置显示网络通信状态，OK 代表正常。

例如，X0008.4 信号（急停输入）的 I/O 信息显示为“IL1：0·0·1：OK”，它代表信号 X0008.4 连接在输入模块上，该模块链接于 I/O-Link 总线的 PMC 通道 1，其安装位置离 PMC 最近，网络通信正常等。

显示页还可通过软功能键扩展，显示如下软功能键。

〖搜索〗：在 MDI 面板输入地址后，按此键可以直接搜索指定地址的信号，并在 LCD 上显示。

〖地址〗：I/O 信号按照存储器地址显示。

〖符号〗：I/O 信号按照符号地址显示。

〖网络〗：I/O 信号按照网络链接次序显示。

〖组〗：显示指定符号地址组的信号。

〖全组〗：显示所有符号地址组的信号。

〖设定〗：设定显示内容。

4. PMC 报警

在 PMC 维修〖PMCMNT〗菜单下，如选择软功能键〖报警〗，LCD 可显示图 10.2-5 所示的 PMC 报警页面，出现报警时可显示 PMC 报警号和报警信息。



图 10.2-5　PMC 报警显示

5. 数据输入/输出

PMC 维修信息可以通过 CNC 的数据输入/输出接口，以文本的形式输出。在 PMC 维修〖PMCMNT〗菜单下，如选择软功能键〖I/O〗，LCD 可显示图 10.2-6 所示的 PMC 数据输入/输出页面。显示页的装置栏显示输入/输出设备类型、功能栏显示输入/输出操作、数据类型栏显示输入/输出的内容、文件名栏显示输入/输出数据文件的名称。

页面还可通过如下软功能键选择所需的操作。

〖执行〗：执行数据输入/输出操作。

〖列表〗：切换到列表显示页面。



图 10.2-6　PMC 数据输入/输出显示

〖设定〗：进行输入/输出的设定。

〖文件名〗：定义输入/输出文件名。

〖方式〗：切换字符输入方式。

〖字删除〗：删除字符。

〖取消〗：取消所选的数据输入/输出操作。

10.2.3　程序参数显示与设定

PMC 程序中的定时器定时值、计数器的计数预置值和当前计数值、保存型继电器的设定值、数据寄存器的设定值等，可在选择 CNC 系统显示模式后，通过扩展软功能键〖PMC-MNT〗，进行如下显示和设定。

1. 定时器设定

PMC 程序中所使用的可变定时器，其延时需要通过定时器设定页面设定。在 PMC 维修软功能键〖PMCMNT〗选择后，如按软功能键〖定时〗，LCD 可显示图 10.2-7 所示的 PMC 定时器设定页面。

定时器设定页各栏的含义如下。

号：PMC 程序中的定时器编号。

地址：PMC 内部使用的定时存储器的地址。

设定时间：根据程序要求设定的定时器延时时间，单位 ms。

精度：定时器延时精度，单位 ms。设定时间应为延时精度的整数倍，如设定值不为精度的整数倍，数据输入后将被自动转换为整数倍。FS-0iD 允许使用的延时单位有 8ms、48ms、1ms、10ms、100ms，或 1s、1min 等。

注释：显示 PMC 程序中的定时器注释文本。在 8.4in LCD 上，光标所在位置的定时器注释可在附加信息行显示。



a)



b)

图 10.2-7　PMC 定时器设定显示

a）8.4in LCD 显示　b）10.4in LCD 显示

在定时器设定和显示页面，可通过如下软功能键选择所需的操作。

〖精度〗：定时器延时精度设定。按此键可进一步显示软功能键〖1MS〗、〖10MS〗、〖100MS〗、〖1 秒〗、〖1 分〗、〖初始化〗，可根据需要确定定时器的延时精度。如按〖初始化〗软功能键时，定时器 T1 ~ T8 的延时精度为 48ms，定时器 T9 ~ T250 的延时精度为 8ms。

〖搜索〗：定时器显示有多页，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】选择所需要的定时器显示页，或者，在 MDI 面板输入定时器号后，按此键直接搜索指定编号的定时器，并在 LCD 上显示。

定时器显示后，可用光标移动键【←】/【→】选择所需的定时器，然后，按软功能键〖精度〗，设定定时器延时精度；定时器的延时可通过 MDI 面板的数字键和编辑键【INPUT】输入后设定。

2. 计数器设定

PMC 程序中的计数器计数预置值、当前计数值需要通过 PMC 的计数器设定页面设定。在 PMC 维修软功能键〖PMCMNT〗选择后，如按软功能键〖计数器〗，LCD 可显示图 10.2-8 所示的 PMC 计数器设定页面，显示页各栏的含义如下。

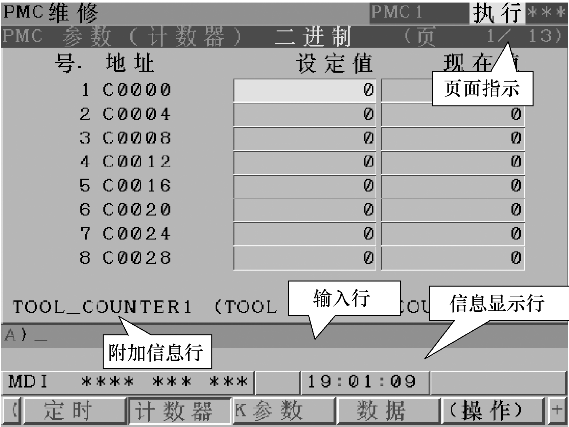
号：PMC 程序中的计数器编号。

地址：PMC 内部使用的计数存储器的地址。

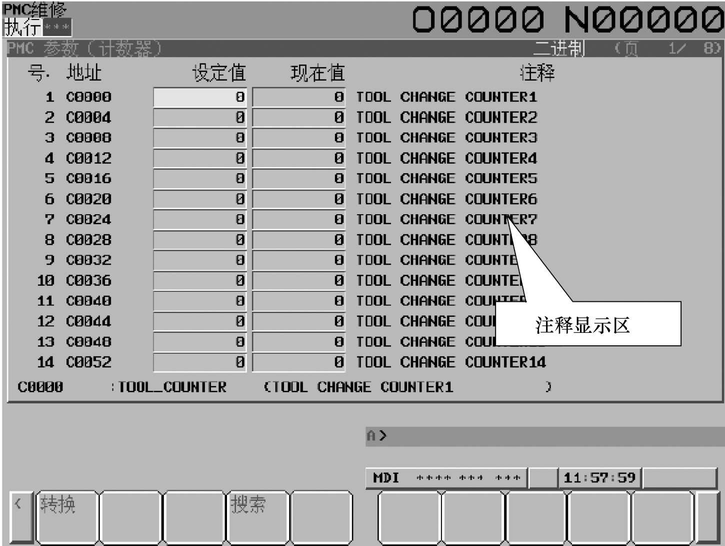
设定值：根据 PMC 程序要求设定的计数器计数预置值。

现在值：计数器的当前计数值。

注释：显示 PMC 程序中的计数器注释文本。在 8.4in LCD 上，光标所在位置的计数器注释可在附加信息行显示。



a)



b)

图 10.2-8 PMC 计数器设定显示

a) 8.4in LCD 显示 b) 10.4in LCD 显示

该页面可通过如下软功能键选择所需的操作。

〖搜索〗：计数器显示有多页，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】选择所需要的计数器显示页，或者，在 MDI 面板输入计数器号后，按此键直接搜索指定编号的计数器，并在 LCD 上显示。

定时器显示后，可用光标移动键【←】/【→】选择所需的计数器，然后，通过 MDI 面板的数字键、编辑键【INPUT】输入计数预置值和当前计数值，设定计数器。

3. 保持型继电器设定

FS-0iD 的保持型继电器分 PMC 控制继电器（K900 ~ K999）和 PMC 程序用继电器（K0 ~ K99）两类，前者用于 PMC 的程序编辑、显示、保护等管理设定，后者可用于 PMC 程序的状态寄存、并能够断电保持，有关内容可参见本书作者编著的《FANUC 0iD 调试与维修》一书。

保持型继电器的值可通过保持型继电器设定页面设定。在选择 PMC 维修软功能键〖PMCMNT〗后，如按软功能键〖K 参数〗，LCD 可显示图 10. 2-9 所示的 PMC 保持型继电器设定页面。

保持型继电器显示有多页，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】选择所需要的显示页，或者，在 MDI 面板输入计数器号后，按〖搜索〗键直接搜索指定编号的保持型继电器，并在 LCD 上显示。保持型继电器显示后，可用光标移动键【←】/【→】选择所需的继电器，然后，用 MDI 面板的数字键、编辑键【INPUT】输入数据，设定保持型继电器的值。



图 10. 2-9　保持型继电器设定显示

4. 数据寄存器设定

数据寄存器用于 PMC 程序的中间状态和数据的保存，它可通过数据寄存器设定页面进行设定。数据寄存器首先需要利用控制数据设定页面，进行数据格式和分组的设定；然后才能在数值设定页面，设定数据寄存器的值。

在 PMC 维修软功能键〖PMCMNT〗选择后，如按软功能键〖数据〗，LCD 可显示图 10. 2-10 所示的 PMC 数据寄存器控制数据设定页面。

控制数据设定显示页各栏的含义如下。

组数：数据寄存器的分组数量。

号：数据组的编号。

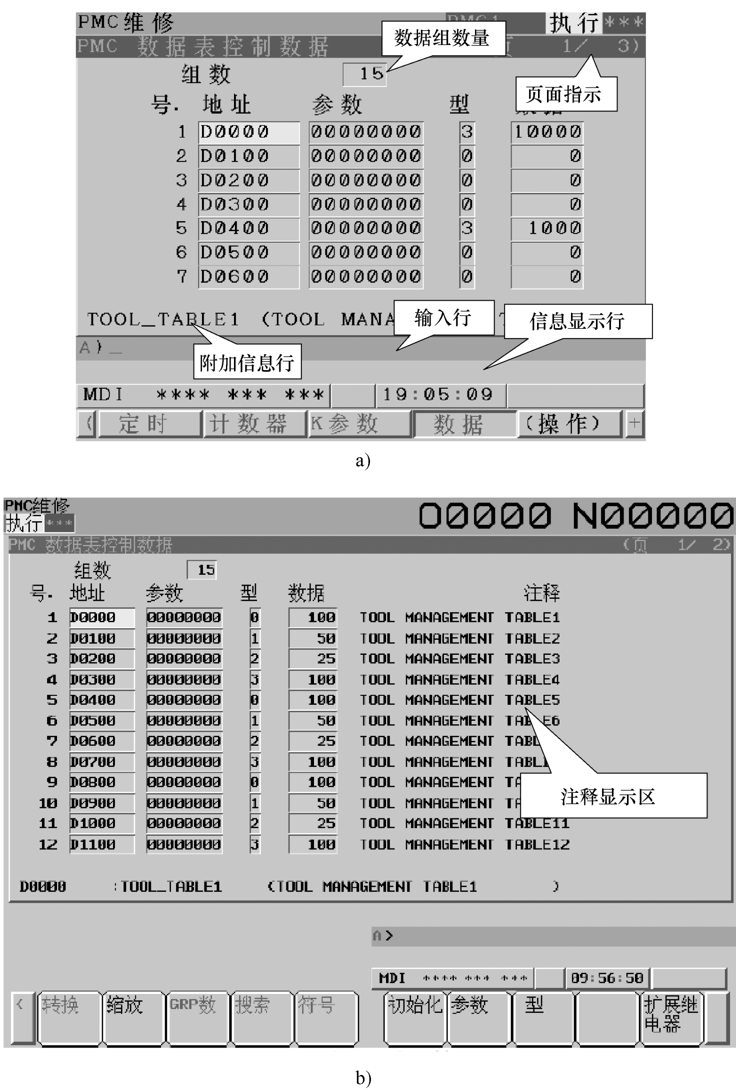
地址：该组数据的起始数据寄存器地址。

参数：该组数据的控制参数，其设定位的含义见下述。

型：该组数据的类型，设定 0、1、2 分别为 1、2、4 字节数据；设定 3 为二进制位。

数据：该组数据的个数。

注释：显示 PMC 程序中的计数器注释文本。在 8. 4in LCD 上，光标所在位置的计数器注释可在附加信息行显示。



a)

b)

图 10.2-10 控制数据设定显示
a）8.4in LCD 显示 b）10.4in LCD 显示

数据寄存器的控制参数以二进制位的形式设定，设定位的含义如下。

bit0：数据组的格式选择 1。设定“0”为二进制格式，设定“1”为十进制格式。

bit1：数据组的写入保护设定。设定“0”为允许修改；设定“1”为写入保护。

bit2：数据组的格式选择 2。设定“0”时，数据格式利用 bit0 选择；设定“1”为 16 进制数，此时，bit0、bit3 的设定将无效。

bit3：数据组的格式选择 3，设定“0”为带符号；设定“1”为无符号。

在控制数据设定页面上，可通过如下软功能键选择所需的操作。

〖缩放〗：显示数据寄存器的数值设定页面。

〖GRP 数〗：进行数据组数定义。

〖搜索〗：数据控制参数显示有多页，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】

选择所需要的控制数据设定页，或者，在 MDI 面板输入组号后，按此键直接搜索指定组数据，并在 LCD 上显示。

〖符号〗/〖地址〗：进行数据寄存器符号地址/存储器地址的切换。

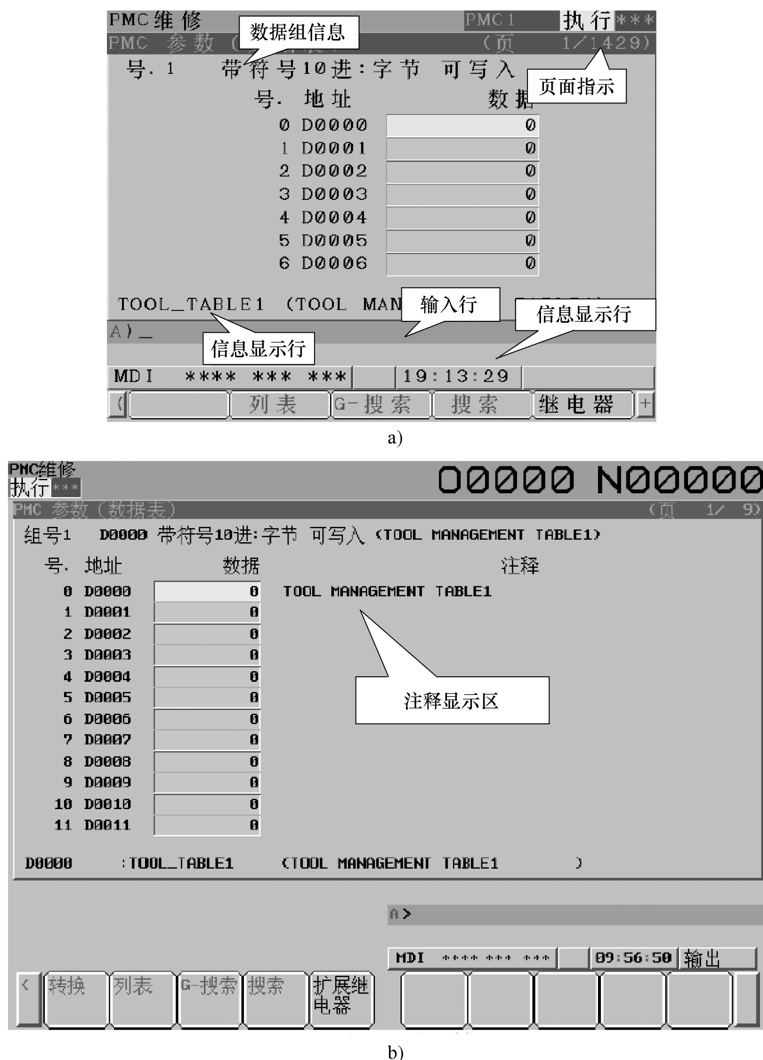
〖初始化〗：初始化控制数据。

〖参数〗：数据组控制参数设定。软功能键选择后，可显示〖带符号〗、〖无符号〗、〖BCD〗、〖16 进〗、〖保护〗等控制参数设定软功能键，选择不同软功能键，可直接设定数据组的控制参数。

〖型〗：设定数据组的数据类型。软功能键选择后，可显示〖字节〗、〖字〗、〖双字〗、〖位〗等类型设定软功能键，按不同软功能键，可直接设定数据组的数据类型。

〖继电器〗/〖表〗：进行扩展继电器/数据寄存器的显示切换。

在数据寄存器的控制数据设定页面上，如按软功能键〖缩放〗，便可显示图 10.2-11 所



a)

b)

图 10.2-11　数据寄存器数值设定显示

a）8.4in LCD 显示　b）10.4in LCD 显示

示的数据寄存器的数值设定页面。该显示页的第 3 行上显示数据组号、数据组控制参数的设定信息，其他各栏的含义如下：

号：数据寄存器的序号。

地址：数据寄存器的存储器地址。

数据：数据寄存器的数值显示和设定区，对于二进制位数据，可按字节显示和设定每一位的状态，或以 16 进制格式进行显示和设定，其显示如图 10. 2-12 所示。

注释：显示数据寄存器在 PMC 程序中的注释文本。在 8. 4in LCD 上，光标所在位置的数据寄存器注释可在附加信息行显示。

数据寄存器数值设定和显示页上的各软功能键作用如下。

〖列表〗：切换到列表显示页。

〖G-搜索〗：搜索数据组。数据寄存器显示有多页，可利用 MDI 面板上的选页键【PAGE ↑】/【PAGE ↓】选择所需要的数据组，或者，在 MDI 面板输入组号后，按此键直接搜索指定组数据，并在 LCD 上显示。

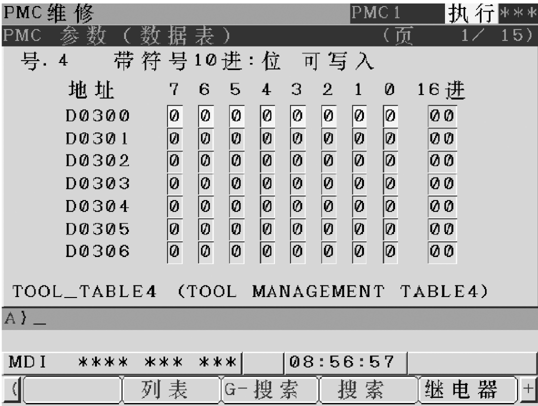


图 10. 2-12 二进制位数据的显示

〖搜索〗：搜索数据寄存器。可利用 MDI 面板输入数据寄存器地址后，按此键直接搜索指定的数据寄存器，并在 LCD 上显示。

〖继电器〗/〖表〗：进行扩展继电器/数据寄存器的显示切换。

10. 3 信号跟踪和梯形图显示

10. 3. 1 信号跟踪显示

为了对 PMC 信号的动态变化过程进行跟踪监控，可在选择 CNC 系统显示模式后，通过扩展软功能键〖跟踪〗，将信号以时序图的形式进行显示，从而监控和记录信号的变化过程。PMC 信号跟踪功能需要事先通过〖TRCPRM〗软功能键，进行采样参数的设定，然后再利用〖跟踪〗，显示信号的时序图。

1. 采样设定

在 CNC 系统显示模式下，选择 PMC 维修软功能键〖PMCMNT〗后，如按软功能键〖TRCPRM〗，LCD 可显示采样参数设定页面。

采样参数设定共有 2 页，第 1 页为采样参数设定页，第 2 页为监控信号选择页，两者可通过 MDI 面板上的选页键【PAGE ↑】/【PAGE ↓】进行切换。采样设定的第 1 页显示如图 10. 3-1 所示，该显示页可进行如下设定。

MODE：跟踪方式选择。可选择周期采样（TIME CYCLE）或信号变化采样（SIGNAL TRANSTION）两种跟踪方式。

RESOLUTION：采样分辨率，它是更新信号状态的时间间隔。

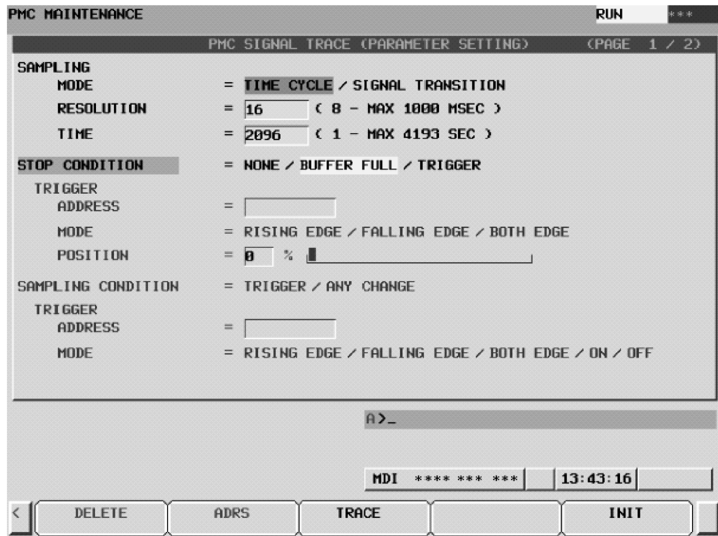


图 10. 3-1　采样设定显示

TIME：跟踪方式选择周期采样时，需要在此参数上设定对信号进行跟踪监控的时间。

STOP CONDITION：信号跟踪监控的停止条件。可选择“无（NONE）”进行连续跟踪，或在“数据缓冲器溢出（BOFFER FULL）”时停止跟踪，或利用指定信号进行“触发（TRIGGER）”停止跟踪三种停止方式。

当选择信号触发停止跟踪时，需要后续的 TIGGER 栏设定触发信号的地址（ADDRESS），并选择触发方式（MODE）为上升沿（RISING EDGE）、下降沿（FALLING EDGE）或状态变化（BOTH EDGE）。此外，还需要在显示位置（POSITION）栏，设定触发停止点在时序图时间轴上的显示位置。

SAMPLING CONDITION：信号跟踪监控的启动条件。如果跟踪方式选择了信号变化采样（SIGNAL TRANSTION），则需要在该栏上选择触发启动（TRIGGER）或信号变化启动（ANY CHANGE）两种启动跟踪的方式。如选择触发启动时，则需要在后续的 TIGGER 栏设定触发信号的地址（ADDRESS），并选择触发启动方式（MODE）为上升沿（RISING EDGE）、下降沿（FALLING EDGE）、状态变化（BOTH EDGE）或信号接通（ON）、信号断开（OFF）。

2. 信号选择

采样设定的第 2 页用于监控信号的选择与设定。在采样参数设定完成后，可利用选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】，显示监控信号设定页面，并选择需要进行跟踪监控的信号。

监控信号选择页的显示如图 10. 3-2 所示。在监控信号选择页上，可输入需要跟踪监控的信号地址，FS-0iD 最大允许显示 32 个信号的时序图。

监控信号选择页的软功能键作用如下。

〖删除〗：将光标所选择的跟踪信号删除。

〖符号〗/〖地址〗：进行符号地址和存储器地址的切换。

〖上移〗/〖下移〗：上下交换监控信号的位置。

〖全删除〗：一次性删除所有跟踪监控信号。

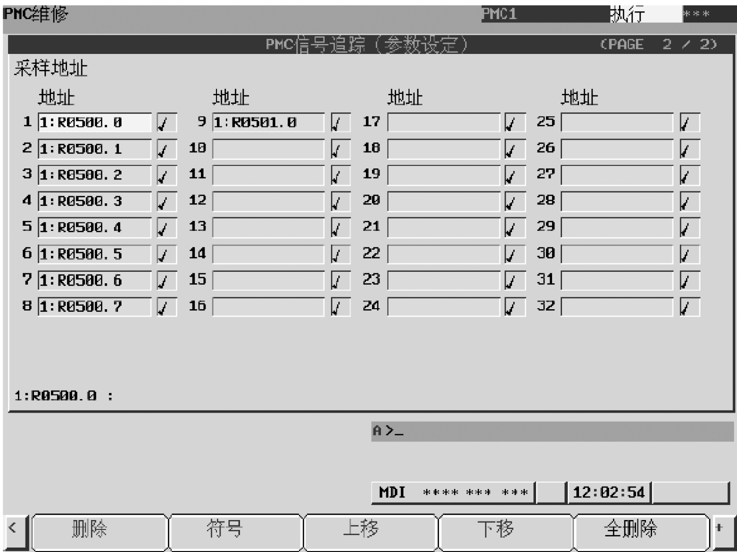


图 10.3-2　监控信号选择页显示

地址后面的选择框为触发条件选择，当跟踪方式选择为“信号变化采样（SIGNAL TRANSTION）”、启动方式为信号变化（ANY CHANGE）时，可通过标记☑，将该信号作为跟踪监控的启动信号。也可通过 PMC 参数的设定，选择电源启动后自动开始跟踪。

3. 时序图显示

采样参数设定完成后，可通过如下操作，显示信号跟踪监控的时序图。

1）在 CNC 系统显示模式下，按扩展软功能键〖跟踪〗，选择信号跟踪显示。

2）按软功能键〖(操作)〗，显示信号跟踪操作软功能键。

3）按软功能键〖启动〗，启动信号跟踪，LCD 显示图 10.3-3 所示的信号跟踪时序图。

4）当跟踪停止条件满足或按软功能键〖停止〗，可中断信号的跟踪监控。跟踪停止后，



图 10.3-3　信号跟踪过程显示

可显示图 10.3-4 所示的跟踪结果图。

在跟踪结果显示页上，可通过如下操作查看。

选页键【PAGE↑】/【PAGE↓】或光标移动键【↑】/【↓】：选择跟踪监控信号。

〖《前页〗/〖后页》〗或光标移动键【←】/【→】：改变时序图显示的时间区域。

〖符号〗/〖地址〗：进行符号地址和存储器地址的切换。

〖标记〗：在光标指定的位置做标记。

〖扩大〗/〖缩小〗：缩放跟踪结果的时序图显示。

〖上移〗/〖下移〗：进行信号位置的上下交换。



图 10.3-4　信号跟踪结果显示

10.3.2　梯形图显示与监控

FS-0iD 带有动态梯形图显示和编辑功能，可直接通过动态梯形图监控机床动作，或利用 MDI 面板进行 PMC 程序的输入与编辑。

PMC 程序的输入与编辑属于 CNC 安装、调试的操作，有关内容将在配套出版的《FANUC-OiD 调试与维修》一书中详述。

PMC 程序梯形图的显示和监控操作，可在选择 CNC 系统显示模式后，通过扩展软功能键〖PMCLAD〗选择。〖PMCLAD〗选定后，可选择〖列表〗、〖梯形图〗、〖双层圈〗三种不同的操作。其中，软功能键〖双层圈〗用于梯形图编辑时的重复线圈的、检查，软功能键〖列表〗和〖梯形图〗可用于 PMC 梯形图显示与监控，其功能如下。

1. 列表显示

选择软功能键〖PMCLAD〗后，按〖列表〗，LCD 可显示图 10.3-5 所示的 PMC 程序一览表显示页面。

程序一览表显示页中各栏代表的意义如下。

SP：程序状态显示，如显示为“锁”，表示该程序不能显示和编辑；显示为“放大镜”，代表该程序可显示、但不能编辑；如显示为“铅笔”，表示该程序可显示、可编辑。

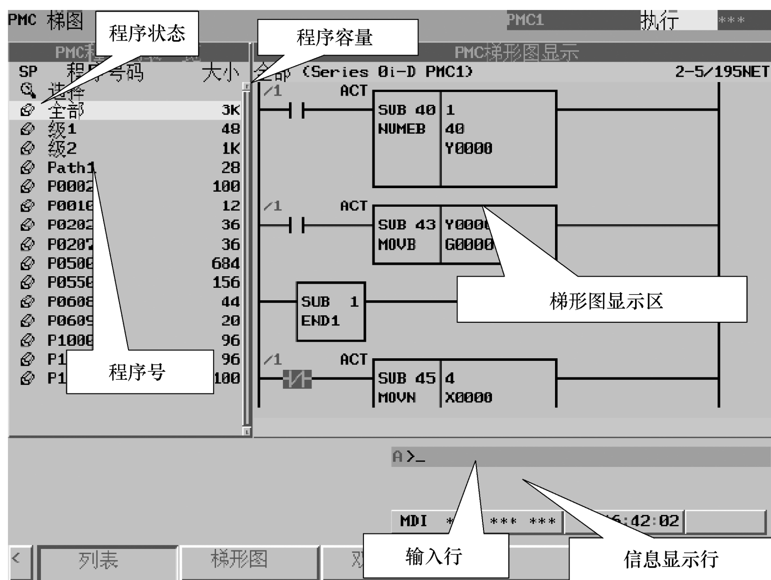


图 10.3-5 PMC 程序一览表显示

程序号码：显示和选择需要进行监控的 PMC 程序。在程序号栏选定“选择”，可进行后述的梯形图选择监控；选定“全部”，可显示全部梯形图；选定“级 n”，可显示指定级的程序；选定“Pm”，可显示 PMC 子程序。

大小：显示程序块的容量，单位为字节。

可通过 MDI 面板的光标移动键，在程序号码栏选定需要进行监控的程序，然后在梯形图显示页面显示指定的程序，或按软功能键〖缩放〗，切换到后述的梯形图选择监控页面。

2. 梯形图显示

在选择扩展软功能键〖PMCLAD〗后，按〖梯形图〗，LCD 可显示图 10.3-6 所示的 PMC 程序梯形图显示和监控页面。在该页面上，可通过图 10.3-7 所示的扩展软功能键，选择所需的操作。

如选择图 10.3-7 上的软功能键〖搜索〗，LCD 可进一步显示图 10.3-8 所示的搜索软功能键。操作者可根据需要，利用 MDI 面板输入程序网络的序号或编程元件地址、功能指令号等，然后按指定的搜索软功能键，显示和监控指定的 PMC 梯形图程序。

如按图 10.3-6 上的软功能键〖编辑〗，则可显示图 10.3-9 所示的梯形图编辑页面，在此页面上，可进行 PMC 程序梯形图的输入、修改、删除等编辑操作。由于 PMC 程序的修改将直接影响机床的功能实现和动作执行，因此，PMC 梯形图程序的编辑，原则上应由机床生产厂家的调试人员，在机床调试时进行，机床使用者一般不可随意改变 PMC 程序。有关 PMC 程序编制、输入、编辑等方面的操作内容，将在配套出版的《FANUC-0iD 调试与维修》一书中详述。

3. 梯形图选择监控

通过梯形图选择监控功能，可将 PMC 程序中所需要监控的梯形图重新组合成一个显示页上，以方便检查。

选择监控的显示如图 10.3-10 所示，FS-0iD 最多可组合 128 个 PMC 程序网络，需要监

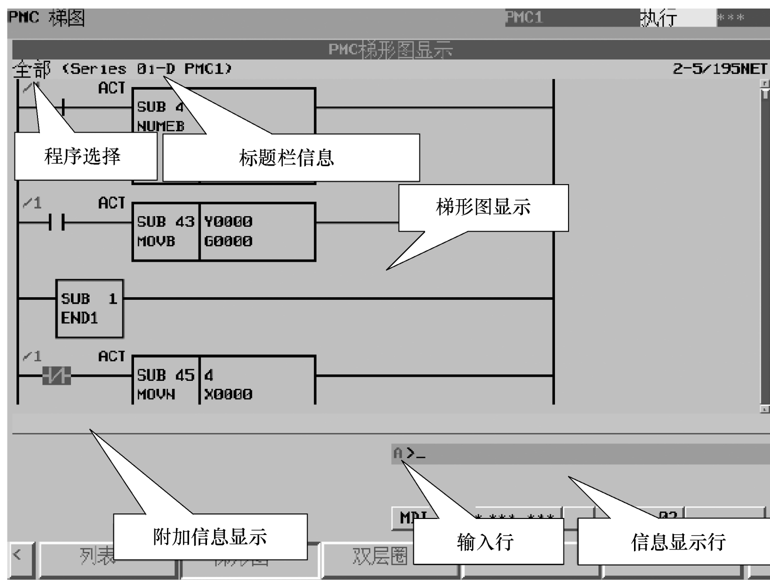


图 10.3-6　梯形图显示和监控

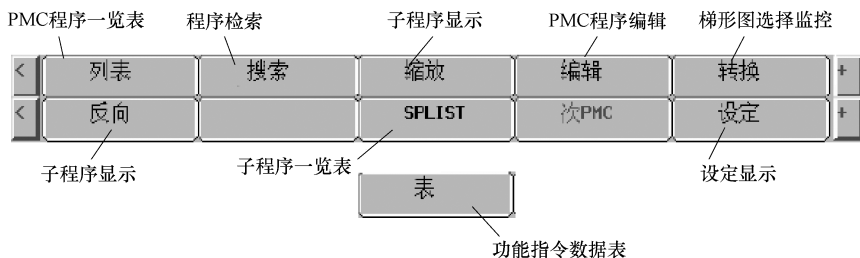


图 10.3-7　扩展软功能键显示

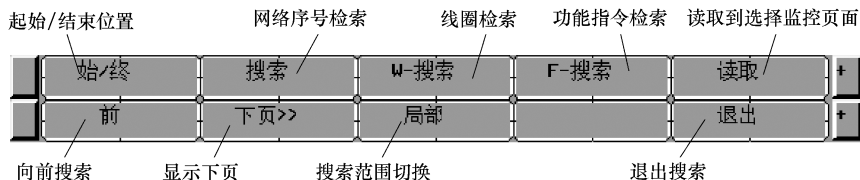


图 10.3-8　程序搜索软功能键显示

控的梯形图可从 PMC 程序一览表显示页面或 PMC 梯形图显示和监控页面选择。

从 PMC 程序一览表显示页面选择监控内容的操作步骤如下：

1）将 PMC 程序一览表显示页面的光标定位到程序号码栏的“选择”位置。

2）通过输入 PMC 线圈的地址、指定该线圈所在的网络，或利用光标选定梯形图上的输出线圈。

3）按软功能键〖读取〗，读取该输出线圈所在的梯形图网络。

4）按软功能键〖缩放〗，LCD 便可显示相应的选择监控页面。

从 PMC 程序显示和监控页面选择监控内容的操作步骤如下：

1）显示梯形图显示和监控页面。

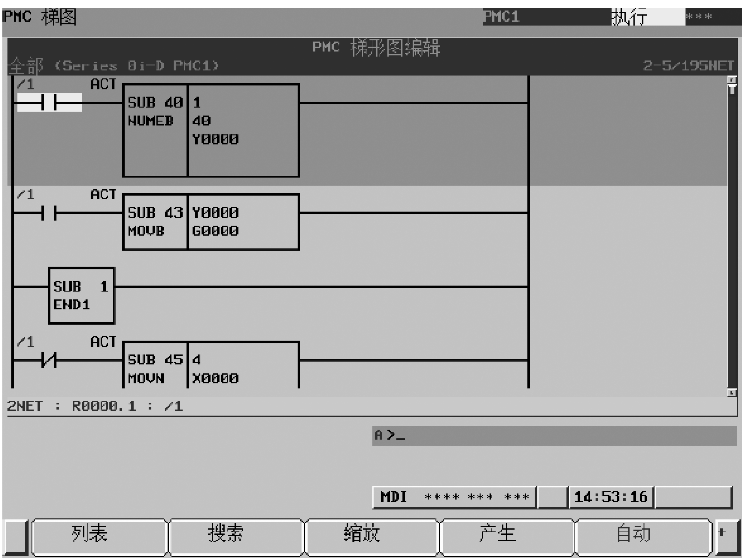


图 10.3-9 PMC 程序编辑页面显示

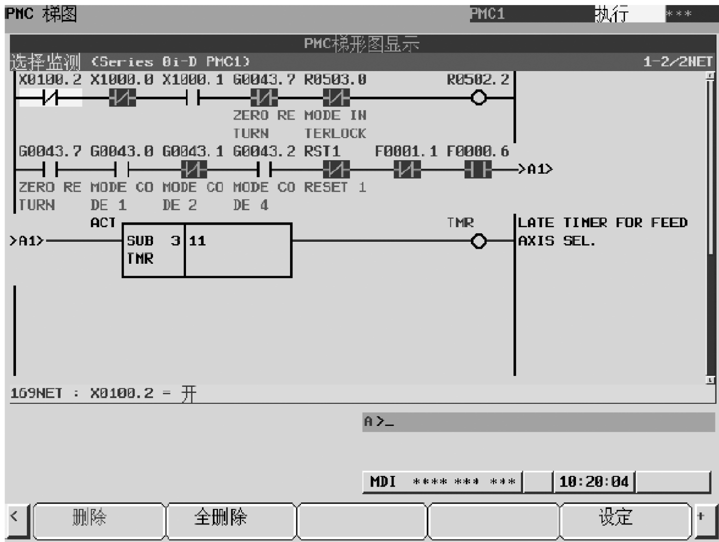


图 10.3-10 梯形图选择监控显示

2）利用搜索功能选定需要进行监控的网络。

3）按软功能键〖读取〗，读取梯形图网络。

4）按软功能键〖转换〗，LCD 将显示选择监控页面。

10.4 图形显示与设定

10.4.1 基本说明

1. 功能概述

FS-0iD 的图形显示功能有图形显示和动态图形显示两种，前者用于刀具轨迹的显示，

后者可用于动态刀具轨迹和虚拟加工动画显示。动态图形显示功能选择后，图形显示功能将无效。

图形显示是 FS-0iD、FS-0iMateD 的基本功能，利用该功能，CNC 可在 LCD 上显示图 10.4-1 所示的刀具运动过程，功能多用于程序调试与检查。



图 10.4-1　刀具运动轨迹显示

动态图形显示是 FS-0iD、FS-0iMateD 的附加功能，需要选配相关软件。功能选择后，LCD 可显示动态刀具轨迹及图 10.4-2 所示的虚拟加工动画，模拟零件加工过程。

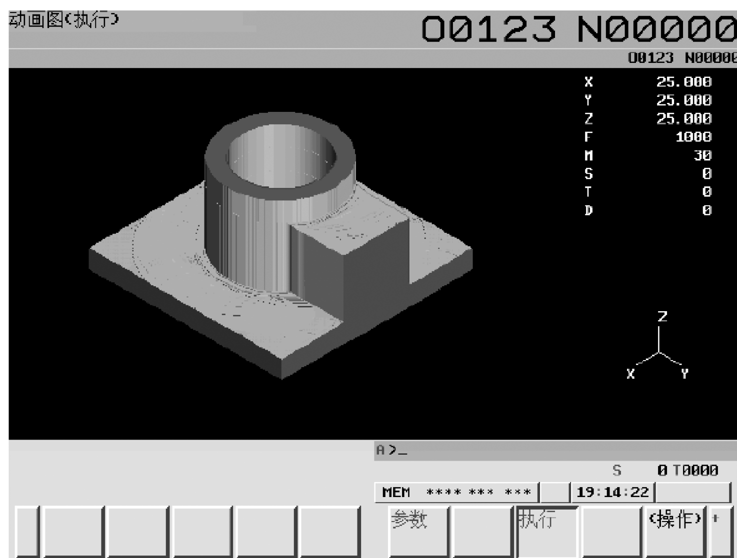


图 10.4-2　虚拟加工动画显示

2. 基本操作

FS-0iD 的图形显示可通过 MDI 面板的功能键【CSTM/GRPH】（或【GRAPH】）选择。对于基本图形显示功能，当显示模式选定后，LCD 可显示表 10.4-1 所示的软功能键，并进行图形显示设定和轨迹显示、缩放等操作。如 CNC 选配了动态图形显示功能，则可显示表

10.4-2 所示的软功能键，并进行图形显示设定、工件立体图和 3 视图显示、图形缩放等操作。

表 10.4-1　刀具轨迹显示和设定操作一览表

页面-键序	软功能键		显示和操作	
	英文(0iMD/0iTD)	中文(0iMD/0iTD)	0iMD	0iTD
1-1	〖PARAM〗	〖参数〗	图形参数显示与设定	图形参数显示与设定
1-2	〖GRAPH〗/—	〖图形〗	刀具运动轨迹显示	—
1-3	—/〖GRAPH〗	〖图形〗	—	刀具运动轨迹显示
1-4	〖LARGE〗	〖扩大〗	图形缩放	图形缩放
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	操作软功能键显示	操作软功能键显示

表 10.4-2　虚拟动画显示和设定操作一览表

页面-键序	软功能键		显示和操作	
	英文(0iMD/0iTD)	中文(0iMD/0iTD)	0iMD	0iTD
1-1	〖PARAM〗	〖参数〗	图形参数显示与设定	图形参数显示与设定
1-2	〖EXEC〗/—	〖执行〗/—	动态刀具轨迹显示	—
1-3	〖EXEC〗/〖GRAPH〗	〖执行〗/〖图形〗	虚拟动画显示	虚拟动画显示
1-4	〖POS〗/〖LARGE〗	〖位置〗/〖扩大〗	刀具位置显示	图形缩放
1-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	操作软功能键显示	操作软功能键显示
2-1	〖PARAM〗	〖参数〗	图形参数显示与设定	—
2-2	〖3-PLN〗	〖3 面图〗	3 视图显示	—
2-5	〖(OPRT)〗	〖(操作)〗	操作软功能键显示	—

3. CNC 参数

图形显示需要设定相关 CNC 参数，图形显示参数包括显示参数和功能参数两部分，显示参数包括图形显示范围、比例等，一般可直接通过图形显示参数页面进行设定（也通过 CNC 参数设定操作设定），功能参数通常用 CNC 参数设定操作进行设定。

图形显示的主要 CNC 参数如下。

PRM06500.1：2 通道控制 FS-0iTD 的图形显示功能选择，设定“0”，双主轴、双刀架显示；设定“1”，单主轴、双刀架显示。

PRM06501.2：FS-0iMD 动态图形显示的 3 视图显示选择。设定“0”，显示第 3 视图；设定“1”，显示第 1 视图。

PRM06501.5：动态刀具轨迹显示时的刀具图标选择。设定“0”，正方形；设定“1”，十字交叉线。

PRM06509～6595：图形显示参数。

PRM11329.1：FS-0iMD 动态图形显示页的当前位置值显示。设定“0”，工件坐标系的绝对值；设定“1”，机床坐标系绝对值。

PRM11329.2：FS-0iMD 动态图形显示时的刀具长度补偿处理方式。设定“0”，不考虑长度补偿；设定“1”，考虑长度补偿。

PRM11329.3：FS-0iMD 动态图形显示时的坐标系选择。设定“0”，工件坐标系；设定“1”，机床坐标系。

PRM11329.4：FS-0iMD 动态图形显示时的刀具补偿 C 处理方式。设定“0”，考虑长度/半径补偿；设定“1”，不考虑长度/半径补偿。

PRM11329.5：FS-0iMD 动态图形显示开始时的自动擦除功能选择。设定“0”，功能无效；设定“1”，有效。

PRM11329.6：FS-0iMD 动态图形显示时的刀具更换后图形显示颜色自动变更功能选择。设定“0”，功能无效；设定“1”，有效。

PRM11329.7：FS-0iMD 动态图形显示时对无法绘图的指令处理。设定“0”，指令忽略、绘图继续；设定“1”，停止绘图。

PRM11330～11348：动态图形显示参数。

PRM11349.1：FS-0iMD 动态图形显示时的精密/反向镗孔循环的让刀量显示。设定“0”，忽略；设定“1”，显示。

PRM11349.2：FS-0iMD 动态图形显示时的绘图起点选择。设定“0”，第一移动程序段的终点；设定“1”，当前位置。

PRM14713～11716：FS-0iMD 动态图形显示的窗口缩放、移动、旋转单位设定参数。

10.4.2　图形显示

1. 图形显示参数

利用 FS-0iD、FS-0iMateD 的图形显示基本功能，可显示刀具运动轨迹。刀具运动轨迹显示需要进行图形显示参数的设定，图形显示参数设定页面可通过 MDI 面板的功能键【CSTM/GRPH】（或【GRAPH】）选定图形显示模式后，按软功能键〖参数〗显示。FS-0iMD、FS-0iTD 图形显示参数设定页面分别如图 10-4.3、图 10-4.4 所示。

FS-0iMD 的第 1 页用于绘图坐标系和范围设定，绘图范围可用定义最大/最小范围或指定图形比例、中心的方法确定，同时设定时，后输入的参数有效。第 2 页用来设定程序停止、自动擦除、颜色、回转角度。第 3 页用于坐标轴选择。

FS-0iTD 的第 1 页用于毛坯尺寸、程序停止、自动擦除、软件限位、绘图范围设定，绘图范围可用定义毛坯尺寸或指定图形比例、图形中心的方法确定，两者同时设定时，同样为后输入的参数有效。第 2 页用来设定绘图颜色。第 3 页用于坐标轴的选择。

2. 图形显示参数设定

用于刀具轨迹显示的图形显示参数设定要点如下：

1）绘图范围。绘图范围可用最大/最小范围（毛坯尺寸）或比例/中心的方法设定，如以最大/最小范围（毛坯尺寸）的方法设定，CNC 可以自动计算并更新图形的中心/比例设定参数；但如果以比例/中心的方法设定绘图范围，则不能修改最大/最小范围（毛坯尺寸）。

2）程序停止。当不需要显示全部程序的刀具轨迹时，可以通过程序停止栏设定绘图停止的程序段号。当绘图开始后，该栏的显示值将自动变成“－1”。

3）自动擦除。设定 1 可以自动擦除上次显示的图形；设定 0 可保留上次显示的图形。

4）软件限位。在 FS-0iTD 上，如果将该栏设定为“1”，可以在显示的图形上添加 X、Z 轴软件限位的显示线。

a)

b)

c)

图 10.4-3 FS-0iMD 图形显示参数设定页

a）第 1 页 b）第 2 页 c）第 3 页

a)

b)

c)

图 10. 4-4　FS-0iTD 图形显示参数设定页

a）第 1 页　b）第 2 页　c）第 3 页

5）回转角度。在 FS-0iMD 上，如果绘图坐标系选择为 3 维时，可通过回转角度 *H*（水平）、*V*（垂直）的设定，将所显示的图形进行水平、垂直的回转。

6）绘图颜色。快速移动和切削进给可以选择不同的显示颜色。

7）绘图轴号。用来确定图形显示轴和 CNC 坐标轴的对应关系，CNC 坐标轴以轴号的形式输入，不需要进行绘图的轴设定为“0”，但是，当所有轴的设定均为 0 时，CNC 自动以轴号 1 ~ 3 的次序依次分配。在 FS-0iMD 上，最多只能显示 3 个坐标轴的运动轨迹；而在 FS-0iTD 上，则最多只能显示 2 个坐标轴的运动轨迹。

在图形参数确定后，便可通过选页键【PAGE ↑】/【PAGE ↓】及光标移动键【↑】/【↓】选定输入区、利用 MDI 的数字键输入参数后，按 MDI 面板的编辑键【INPUT】或按操作软功能键〖输入〗，直接输入参数值；也可以通过操作软功能键〖+输入〗，对参数进行增量修改。图形显示参数具有断电保持功能，设定的参数可以在下次开机后继续使用。

如果选择操作软功能键〖标准〗，则可将进行放大/缩小后的图形或以比例/中心变更后的图形，返回到 CNC 根据最大/最小范围或毛坯尺寸自动计算得到的设定值。

3. 刀具轨迹的显示

图形显示模式选定、显示参数设定完成后，按软功能键〖图形〗，LCD 即可进行刀具轨迹的显示，其初始显示如图 10.4-5 所示。刀具轨迹显示可以在“机床锁住”时进行，如只需要检查刀具轨迹，可通过机床操作面板的“机床锁住”按键，禁止坐标轴的实际运动。

显示页的右上角为工件坐标系位置及 F、S、T 指令显示；右下角为图形坐标系和比例；左侧区域显示刀具轨迹，当机床开始手动或自动运行时，即在该区域显示刀具运动轨迹，其显示效果可参见前述的图 10.4-1。

图形生成后，可通过按软功能键〖(操作)〗，然后选择〖删除〗，即可删除所生成的刀具轨迹图。当所显示的图形比例或位置需要进行调整时，可选择图 10.4-5 中的软功能键〖扩大〗，对显示窗口进行放大或缩小操作。窗口缩放可通过如下两种方法进行，所设定的缩放参数在重新绘图时才能生效。

1）按软功能键〖中心〗，显示区将显示中心位置指示光标，此时，可利用光标移动键改变图形中心位置，然后，用 MDI 面板输入所需要的比例值，并用软功能键〖输入〗或〖+输入〗进行比例的直接或增量设定，比例的输入范围为 0.01 ~ 100。调整完成后，按软功能键〖执行〗，即可设定新的图形中心和比例参数；如按软功能键〖取消〗，可撤销缩放操作。

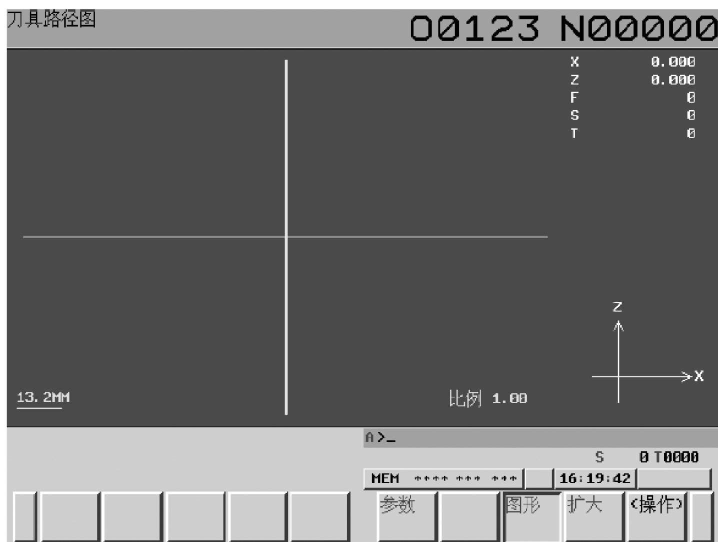
2）按软功能键〖矩形〗，显示区将显示红、黄 2 个光标指示，此时，可利用软功能键〖上/下〗选定需要移动的光标；光标选定后，再通过 MDI 面板上的光标移动键，选择所需要的边界。边界选定后，按软功能键〖执行〗，即可将所选的边界作为新的图形范围设定值；如按软功能键〖取消〗，可撤销缩放操作。

10.4.3 动态刀具轨迹显示

动态刀具轨迹显示需要选择 FS-0iD 的动态图形显示附加功能，它不但可显示刀具轨迹，且能够动态显示刀具的位置。动态刀具轨迹显示的图形参数设定的内容及操作和图形显示稍有不同，说明如下。



a)



b)

图 10.4-5　刀具轨迹初始显示

a）FS-0iMD　b）FS-0iTD

1. 图形参数设定

选择动态图形显示附加功能后，动态刀具轨迹的图形显示参数设定页面，同样可通过 MDI 面板的功能键【CSTM/GRPH】（或【GRAPH】）选定图形显示模式后，按软功能键〖参数〗显示，其显示有如图 10.4-6 所示的两页。设定增加的栏目作用如下。

开始顺序号/结束顺序号：开始绘图和结束画图的程序段号，如开始顺序号设定为 0，从程序起始位置绘图；结束顺序号设定为 0 时，选择程序结束指令作为绘图结束点。

刀具补偿（路径）：选择动态刀具轨迹显示是否需要考虑刀具补偿值。

自动改变：选择刀具更换后的显示颜色自动变更功能。

自动清除：选择绘图前或程序暂停状态，通过软功能键〖自动〗、〖开始〗绘图时，是否自动清除以前的刀具轨迹。



a)



b)

图 10.4-6　图形参数设定页面

a）第 1 页　b）第 2 页

2. 刀具轨迹显示

动态刀具轨迹显示的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板的功能键【PROG】，选择程序显示模式。

2）按软功能扩展键，直至显示软功能〖一览〗，按此键选择程序一览表显示。

3）按软功能扩展键，直至显示软功能〖绘图选择〗（或〖绘图〗）。

4）用 MDI 面板输入需要进行动态刀具轨迹显示的加工程序号后，按软功能键〖绘图选择〗，选定加工程序。这时，程序一览表页面上，所选定的加工程序号前将显示图 10.4-7 所示的绘图标记“#”。

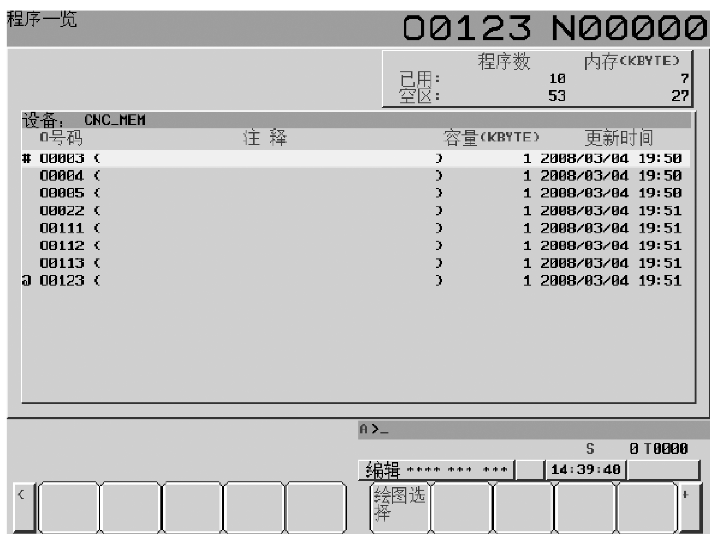


图 10.4-7　绘图程序的选择

5）按 MDI 面板上的功能键【CSTM/GRPH】，选择图形显示模式，并按要求完成图形显示参数的设定。

6）按软功能键〖执行〗，LCD 显示图 10.4-8 所示的刀具轨迹初始显示页面。



图 10.4-8　刀具轨迹初始显示

在该显示页面上，如按软功能键〖(操作)〗，可以进一步显示图 10.4-9a 所示的操作软功能键，并进行如下操作。

〖自动〗：自动选定图形中心和缩放比例。当图形显示参数中的倍率、画面中心坐标设定为 0、绘图范围（最大)/绘图范围（最小）已定义时，按此键可根据图形显示参数中的绘图范围（最大)/绘图范围（最小）的设定，自动选定图形中心和缩放比例；但在绘图范围（最大)/绘图范围（最小）设定为 0 时，此软功能键无效。

〖1 段〗：选择单程序段绘图，本程序段绘图完成后暂停。

〖开始〗：将程序的起始点作为绘图的起点，开始绘图。

绘图开始后，软功能键将切换为图 10.4-9b 所示的绘图控制键。按〖结束〗键，可结束程序、停止绘图；按〖暂时停止〗键，可暂停绘图操作；按〖1 段〗键，选择单段绘图方式；按〖再开〗键，重新启动被〖暂时停止〗、〖1 段〗所停止的绘图操作。当程序执行完成后，返回图 10.4-9a 所示的操作软功能键显示。

〖倒回〗：绘图结束或暂停后，按此键可以重新从程序起点开始绘图。

〖删除〗：删除已经生成的刀具轨迹。

〖扩大〗/〖缩小〗、〖自动〗：放大/缩小刀具轨迹显示区，或回到根据绘图范围（最大）/绘图范围（最小）设定，自动选定图形中心和缩放比例的显示。按〖扩大〗/〖缩小〗键可改变的图形显示比例，可通过 CNC 参数 PRM14713 进行设定。刀具轨迹显示区的放大/缩小操作，将改变图形显示参数的“倍率”栏设定值。

〖←移动〗/〖移动→〗/〖↑移动〗/〖↓移动〗、〖中央〗：可左/右/上/下改变刀具轨迹的显示区域，或将其返回到原来的中央位置。按〖←移动〗/〖移动→〗/〖↑移动〗/〖↓移动〗键可进行的移动量，可通过 CNC 参数 PRM14714、PRM14715 进行设定。显示区域的左/右/上/下移动操作，不会改变显示参数中的“画面中心坐标”栏的设定值。

〖坐标系〗：选择软功能键〖坐标系〗，可显示图 10.4-9c 所示的坐标系选择软功能键，按相应键可以改变绘图的坐标系。改变坐标系的操作，将改变显示参数中的“描画坐标系”栏的设定值。

〖旋转〗：选择软功能键〖旋转〗，可显示图 10.4-9d 所示的坐标系旋转软功能键，按相应键可以对所绘的图形进行旋转，如按软功能键〖取消〗，可以返回到旋转前的显示。按旋转键的回转角度，可通过 CNC 参数 PRM14716 进行设定。旋转完成后，如按软功能键〖决定〗，旋转后的角度将被设定到显示参数中的“回转角度”栏。

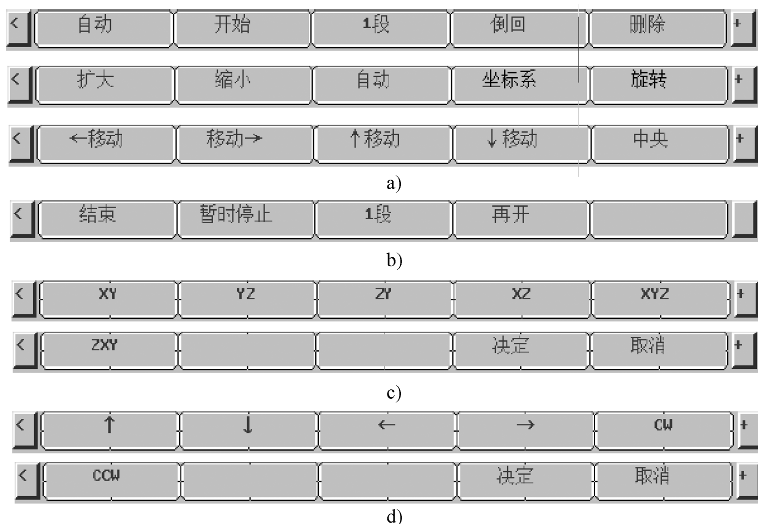


图 10.4-9　绘图软功能键

a）操作软功能键　b）绘图控制软功能键

c）坐标系选择软功能键　d）坐标系选择软功能键

3. 刀具位置的显示

利用刀具位置显示功能，可以在已生成的刀具运动轨迹上，增加自动加工时的刀具动态图标位置显示，虚拟刀具的运动过程。

刀具位置显示的操作步骤如下：

1）完成上述的刀具轨迹绘制。

2）在图形显示模式上，按软功能键〖位置〗，LCD 将在绘图初始页面上显示图 10.4-10 所示的刀具图标。

3）自动执行已生成刀具轨迹的加工程序。此时，刀具图标将随着程序的执行，在刀具轨迹上闪烁前进。

当图形显示参数页面的“刀具补偿（路径）”栏设定为“1”、刀具轨迹不考虑刀具补偿时，可能会出现刀具位置不在刀具轨迹上的情况。



图 10.4-10　刀具图标显示

10.4.4　虚拟动画显示

虚拟动画显示为 FS-0iD 附加功能，利用该功能，可显示工件的立体图形或 3 视图，模拟加工过程。

1. 图形参数设定

虚拟动画显示功能选择后，需要通通过图形参数设定页面设定图形显示参数，设定页面可通过 MDI 面板的功能键【CSTM/GRPH】（或【GRAPH】）选定图形显示模式后，按软功能键〖参数〗选择，其显示如图 10.4-11 所示。

虚拟动画的图形显示参数中的描画坐标系、开始/结束顺序号、回转角度栏的参数含义与动态刀具轨迹显示相同，其余参数的设定要求如下。

毛坯（形状）：选择零件的毛坯形状，设定 0 为圆柱体或圆筒，设定 1 为长方体。

毛坯（位置）：设定毛坯的基准点坐标值。

毛坯（尺寸）：对于长方体，分别在 I/J/K 上设定其 X/Y/Z 向的长度；对于圆柱体，分

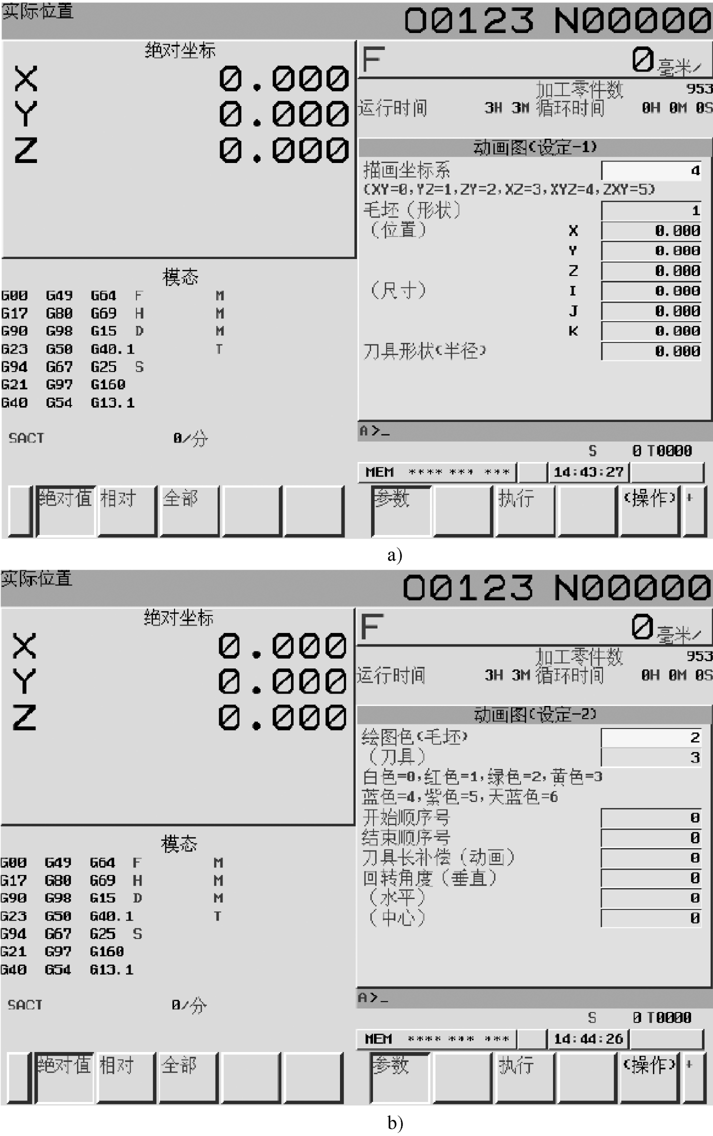


图 10.4-11 动画显示参数设定
a）第 1 页 b）第 2 页

别在 I/K 上设定圆柱半径/长度，J 设定 0；对于圆筒，分别在 I/J/K 上设定圆筒外圆半径/内圆半径/长度。

刀具形状（半径）：此栏设定刀具的半径值，刀具长度自动取毛坯长度 K 上的设定值。

刀具长度补偿（动画）：设定 0，动画显示不考虑刀具长度；设定 1，动画显示考虑刀具长度。

2. 动画显示

虚拟动画显示前同样需要先选择程序，其操作方法与动态刀具轨迹显示相同。动画的显示操作步骤如下：

1）按 MDI 面板上的功能键【CSTM/GRPH】，选择图形显示模式，并按要求完成图形显

示参数的设定。

2）按软功能键〖执行〗，LCD 显示图 10.4-12 所示的虚拟动画初始显示页面。在该显示页面上，如按软功能键〖(操作)〗，可进一步显示图 10.4-13 所示的绘图操作软功能键，并进行如下操作。

〖开始〗：开始绘图。

〖1 段〗：选择单程序段绘图，本程序段绘图完成后暂停。绘图开始后，可通过动态刀具轨迹显示同样的操作结束、停止绘图。

〖倒回〗：绘图结束或暂停后，按此键可以重新从程序起点开始绘图。

〖初始化〗：初始化毛坯，将毛坯显示返回到初始形状。

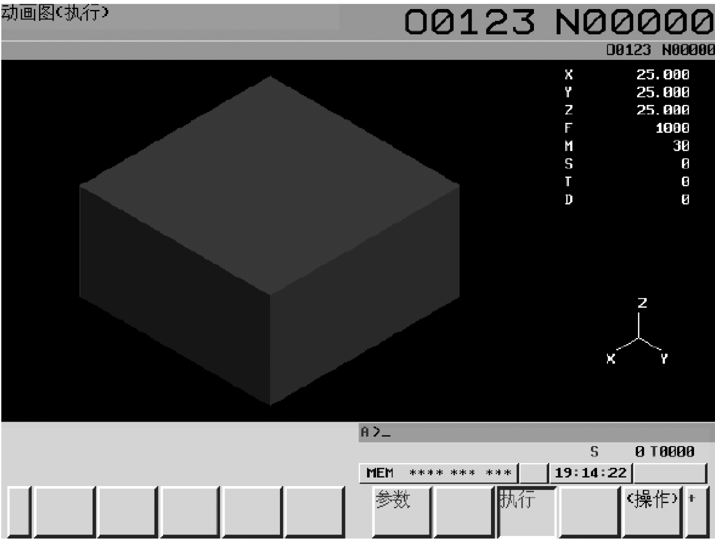


图 10.4-12　虚拟动画初始显示



图 10.4-13　绘图操作软功能键

虚拟动画显示页面同样可通过扩展软功能键〖扩大〗/〖缩小〗/〖自动〗、〖←移动〗/〖移动→〗/〖↑移动〗/〖↓移动〗、〖中央〗调整显示位置，或更换描画坐标系、旋转图形等操作，其操作方法和动态刀具轨迹显示相同。虚拟动画显示的效果可参见前述的图 10.4-2。

3. 视图显示

3 视图显示的操作步骤如下：

1）按 MDI 面板上的功能键【CSTM/GRPH】，选择图形显示模式，并按要求完成图形显示参数的设定。

2）按软功能扩展键，并选择软功能键〖3 面图〗，LCD 显示图 10.4-14a 所示的 3 视图显示页面。在该显示页面上，如按软功能键〖(操作)〗，可进一步显示图 10.4-14b 所示的

操作软功能键，进行视图、截面的变换。

FS-0iD 的 3 视图变换可通过旋转软功能键进行，按下该键，可以依次将视图从图 10.4-14b所示的俯视/右视/顶视变换为俯视/顶视/左视、俯视/左视/仰视、俯视/仰视/右视。

视图的截面变换可利用操作软功能键〖←〗/〖→〗/〖↑〗/〖↓〗进行，利用软功能键可以调整俯视图上的截面选择光标（三角形箭头）的位置，改变右视、顶视、左视、仰视图的形状。例如，将截面选择光标左移时，其右视图显示将变为图 10.4-15 所示的形状。

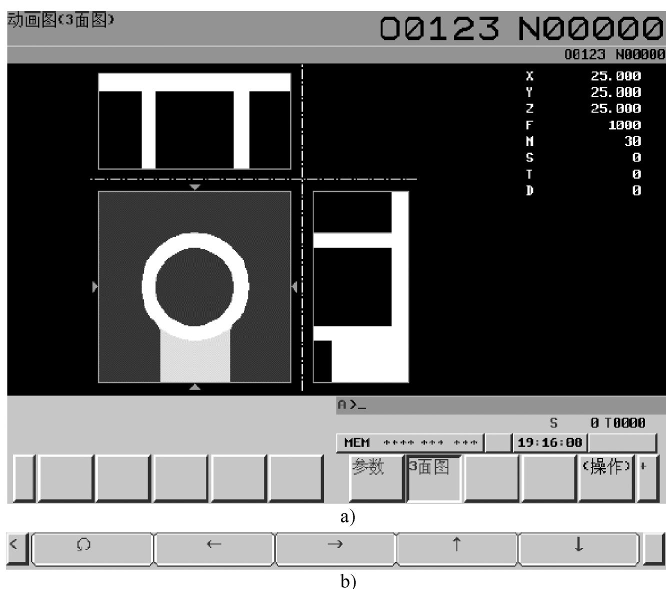


图 10.4-14　3 视图显示

a）视图显示　b）操作软功能键

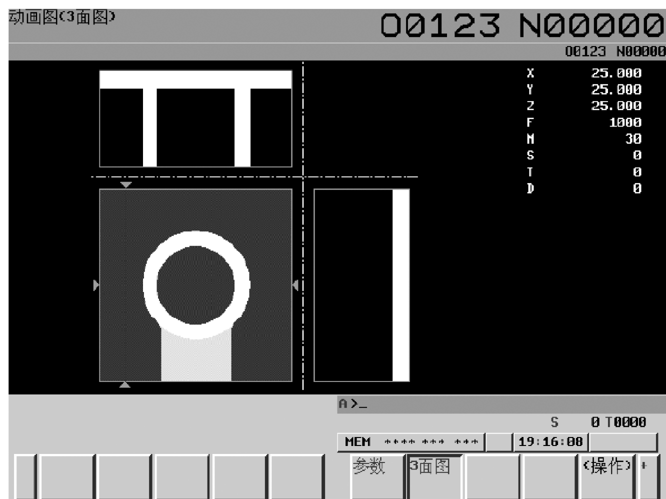


图 10.4-15　视图截面变换

附录 FS-0iD报警一览表

1. 操作/编程错误报警一览表（PS/BG/SR/SW 报警）

表 A-1 操作/编程错误报警一览表（PS/BG/SR/SW 报警）

报警号	报 警 显 示	内 容
001	TH 错误	TH 报警,修正程序或输入数据格式。
002	TV 校验错误	TV 报警,修正程序或输入数据格式。
003	位数太多	输入了超过允许的数值。
004	未找到地址	程序段号错误,数值或符号“-”不可以作为程序段号。
005	地址后无数据	地址后没有操作数,接着输入了地址、EOB 代码。
006	符号使用非法	负号输入错误
007	小数点使用非法	小数点输入错误
009	NC 地址不对	地址输入错误
010	G 代码不正确	指定了一个不能用的 G 代码(CNC 无此功能)
011	切削速度为 0	进给速度不正确或未输入
015	同时控制轴数太多	同时移动的坐标轴数超过了联动轴数
020	半径值超差	G02/G03 指令的圆弧终点不正确
021	非法平面选择	G02/G03 指令了不在插补平面的轴
022	未发现 R 或 I、J、K 指令	G02/G03 指令未指定半径 R 或坐标值 I、J、K。
023	圆弧半径 R 命令中有错误	G02/G03 的半径 R 指定错误
025	在快速移动方式圆弧切削	在 G02/G03 指令中,使用了 F0 指定进给速度
027	G43/G44 中没有轴指令	G43/G44 程序段的补偿轴选择错误
028	非法的平面选择	在平面选择指令中,同一方向指定了两个以上的坐标轴。
029	刀偏值非法	用 H 代码、T 代码选择的偏置值超过允许范围
030	刀偏号非法	D/H、T 偏置号或用 P 指令的附加工件坐标系号过大
031	G10 中的 P 指令非法	G10 指令中的 P 值超过允许范围或者没有指定
032	G10 中的刀偏值非法	G10 指令中的偏置值超过允许范围
033	G41/G42 无交点	刀具半径补偿不存在交点
034	在起刀/退刀段不允许切圆弧	在 G02/G03 方式下进行了刀具补偿 C 的起动或取消
035	不能指令 G31	刀具补偿方式中,指令了跳步切削(G31)。
037	G41/G42 中不能改变平面	刀具补偿中进行了平面转换
038	圆弧段有干涉	在刀具补偿 C 中,圆弧插步产生过切

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
039	刀具补偿中不允许倒角/倒圆	在刀尖半径补偿起动或取消段指令了倒角或拐角造成过切
041	G41/G42 中发生干涉	刀具半径补偿中使用了两个以上的非运动程序段
042	CRC 中不允许 G45/G48	在刀具半径补偿方式中指令了 G45～G48
044	固定循环中不允许 G27-G30	在固定循环中指令了 G27～G30
045	在(G73/G83)中未找到地址 Q	G73/G83 循环没有指令切深 Q
046	第 2,3,4 参考点返回指令非法	回第 2,3,4 参考点指令中的 P 代码错误
050	在第 3 段不允许倒角/拐角	在螺纹切削程序段中指令了“倒角”或“拐角”
051	倒角/倒圆后无移动	“倒角”或“拐角”程序段的不能与下一程序段连接
052	倒角/倒圆后不是 G01	“倒角”或“拐角”程序段的下一个程序段不为 G01/G02/G03
053	地址指令太多	指令了两个以上的 I/K/R 或指令“,□”不允许或格式错误
054	倒角/倒圆后不允许棒形加工	“倒角”或“拐角”程序段指定了锥度
055	倒角/倒圆后无移动值	“倒角”或“拐角”程序段中的移动量太小
056	倒角/倒圆中无终点或角度值	蓝图编程中没有指定终点和角度或倒角、拐角指令错误
057	不能计算出程序终点	蓝图编程中的终点指定错误
058	找不到终点	蓝图编程中的终点指定错误
060	找不到顺序号	程序段号搜索中未找到要求的程序段
061	多重循环程序段中未指令 P 或 Q	在 G70～G73 指令中未输入 P 或 Q
062	粗车循环中切削量无效	G71～G76 指令格式错误
063	未找到指定顺序号的程序段	在 G70～G73 指令的 P 程序段不存在
064	精车形状不是单调变化	循环 G71/G72 的轮廓错误
065	形状程序的第 1 段不是 G00/G01	G71～G73 指令格式错误
066	多重循环程序段有不允许的指令	在 G71～G73 有效的程序段间,使用了不允许的 G 代码
067	多重循环指令不在零件程序存储区中	在 MDI 方式,指令了 G70～G73
069	形状程序的最后程序段是无效指令	G70～G73 指令的最后移动段为倒角或拐角段
070	存储器无程序空间	存储器的存储容量
071	数据未找到	没有发现需要检索的数据
072	程序太多	程序数量超过
073	程序号已使用	使用了重复程序号
074	程序号非法	程序号超过了允许范围
075	保护	程序号被保护
076	程序未找到	在包括宏程序调用指令没有指定程序号
077	子程序、宏程序嵌套太多	嵌套超过了 5 重
078	顺序号未找到	调用指令或跳转指令的目标程序段不存在
079	存储卡和内存中程序不一致	存储器卡与程序校对中的程序不一致
080	G37 测量位置到达信号输入错误	刀具长度自动测量在设定区域内未检测到位置到达信号
081	G37 中 H 代码未指定	G37 中 H 代码未指定

（续）

报警号	报警显示	内　容
082	G37 与 H 代码在同一段指令	刀具自动测量指令格式错误
083	G37 轴指令不正确	刀具自动测量轴指定错误
085	通信错误	外部数据输入错误
086	DR 信号关闭	外部数据输入的准备信号(DR)断开
087	缓冲器溢出	外部数据输入停止错误
090	未完成回参考点	回参考点错误
091	在进给暂停状态不能手动回参考点	自动运行中不能进行手动返回参考点
092	回零检查错误	在 G27 回参考点检测的轴不在参考点
094	不允许用 P 型(COORD CHG)	不能指令 P 型程序再起动
095	不允许用 P 型(EXT OFS CHG)	程序再起动不允许(中断后变更了外部工件坐标系偏置)
096	不允许用 P 型(WRK OFS CHG)	程序再起动不允许(中断后变更了工件坐标系偏置)
097	不允许用 P 型(AUTO EXEC)	程序再起动不允许(CNC 复位未进行自动运行)
099	检索后不允许用 MDI 执行	程序再起动不允许(插入了 MDI 操作)
SW100	参数写入保护取消	参数写入保护 PWE(参数可写入)被取消
109	G08 格式错误	G08 的 P 值错误
110	溢出:整数	固定小数点数据的值超过了允许范围
111	溢出:浮点	宏程序命令的运算结果超出允许范围
112	被 0 除	除数为“0”(包括 tan90°)
113	指令不对	指令了用户宏程序不能使用的功能
114	宏程序表达式非法	函数运算格式错误
115	变量号超限	用户宏程序或高速循环加工中指定了没定义的变量
116	变量写保护	变量赋值禁止
118	括号重数太多	括号超过了 5 重
119	变量值超限	在不允许使用负数的运算中使用了负数
122	宏程序调用重数太多	宏程序模态调用超过了 5 重
123	GOTO/WHILE/DO 的使用方式非法	在 DNC 运转中使用了宏程序控制指令
124	没有 END 语句	DO-END 没有配对使用
125	宏程序语句格式错误	运算式存在错误
126	IDO 非法循环数	DOn 未满足 $1 \leqslant n \leqslant 3$
127	NC,MACRO 语句重复	NC 指令与宏程序指令混用
128	非法的宏程序顺序号	在转移命令的程序号不存在
129	用 G 作为变量	指令了 <自变量> 中不允许的地址
130	NC 和 PMC 的轴控指令发生竞争	PMC 对 CNC 轴或 CNC 对 PMC 轴发出轴控制指令
137	M 代码和运动指令在同一段	在主轴分度 M 代码的程序段指令了其他轴移动指令
139	不能改变 PMC 控制轴	PMC 轴控制中指令了轴选择
142	非法缩放比	比例缩放倍率值超过了允许范围

（续）

报警号	报 警 显 示	内 容
143	指令数据溢出	比例缩放的结果超过了允许范围
144	平面选择非法	坐标旋转平面与圆弧或刀具补偿 C 的平面不一致
145	非法使用 G12.1/G13.1	极坐标插补开始或取消的条件不正确
146	非法使用 G 代码	极坐标插补使用了不能指令的 G 代码
148	设定数据有误	自动拐角倍率的减速倍率及判定角度超过允许设定值的范围
149	G10L3 格式错误	G10L3 格式错误
150	刀具寿命组号非法	刀具组号超出允许的最大值
151	未找到该组刀具寿命数据	在加工程序中没有设定刀具的组号
152	超过最大刀具数量	一组内的刀具数超过了允许范围
153	未找到 T 代码	在刀具寿命数据登录时，没有指定 T 代码。
154	未使用寿命组中的刀具	在没有指令刀具组时指令了 H99 或 D99
155	M06 中的 T 代码非法	M06 程序段的 T 代码与正在使用的组不对应
156	未发现 P/L 指令	在设定刀具组的程序中没有指令 P/L
157	刀具组数太多	设定的刀具组数超过了允许的最大值
158	非法的刀具寿命数据	设定的寿命值太大
159	刀具寿命数据错误	在执行设定程序期间出现了电源断电
160	等待 M 代码不匹配	M 代码格式错误
163	G68/G69 中非法指令	G68、G69 指令格式错误
169	非法刀具几何形状数据	刀具几何形状数据错误
175	G07.1 插补轴错	圆柱插补启动或撤销的条件不正确
176	G 代码使用错误（G07.1）	圆柱插补方式中，指令了不能指令的 G 代码
190	轴选择非法	恒定线速度切削控制的轴指定错误
194	在主轴同步方式中指令了其他主轴指令	串行主轴同步控制方式中，指令了其他位置控制指令
197	在主轴转速控制中指令了 C 轴控制	CON 信号为 OFF 时，指令了 Cs 轴的移动指令
199	宏指令字未定义	使用了未定义的宏语句
200	非法的 S 代码指令	刚性攻螺纹中的 S 值超出允许范围或没指令
201	在刚性攻螺纹中未指令进给速度	刚性攻螺纹中没有指令 F
202	位置 LSI 溢出	刚性攻螺纹中主轴分配错误
203	刚性攻螺纹指令错误	刚性攻螺纹中 M 代码（M29）或 S 指令不正确
204	非法的轴运行	在刚性攻螺纹 M 代码和攻螺纹循环中指令了轴移动
205	刚性攻螺纹方式 DI 信号关闭	在刚性攻螺纹执行程序段时刚性方式选择信号被撤销
206	不能改变平面（刚性攻螺纹）	刚性攻螺纹方式中进行了平面转换
207	攻螺纹数据不对	刚性攻螺纹方式指令的距离太短或太长
210	不能指令 M198/M199	在程序运行过程中执行了 M198、M199
213	同步方式指令非法	同步（简易同步控制）功能出错
214	同步方式指令非法	同步控制中执行了坐标系设定或刀具补偿
217	G51.2 指令重复	G51.2/G251 指令重复

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
218	未发现 P/Q 指令	在 G51.2/G251 的程序段设有指令 P/Q，或指令值错误
219	不是单一指令程序段	G51.2/G251，G50.2/G250　与其他指令同在一程序段
220	同步方式中的指令非法	同步运行中 CNC 或 PMC 轴接口给同步轴指定了移动指令
221	同步方式指令非法	同时指令了多边形加工、同步运行和 Cs 轴控制
222	不允许在背景编辑中执行 DNC	在后台编辑状态进行了数据输入/输出
224	回零未结束	自动运行开始以前没有返回参考点
230	未找到 R 代码	在 G161 程序段没有给出进给量 R 或 R 为负值（磨床）
231	G10 或 L52 格式错误	在 G10 指令格式错误
232	螺旋轴指令太多	在螺旋线插补时指定了三个以上的轴
233	设备忙	RS232C 接口设备正在使用中
245	本段不允许 T 代码	T 代码程序段中指令了不允许指令的 G 代码
247	数据输出代码发现错误	保护程序输出时代码被设为 EIA
250	换刀的 Z 轴指令错误	在换刀指令（M06T_）程序段中指定了 Z 轴移动指令
251	换刀的 T 指令错误	换刀指令（M06T_）发生报警
300	比例缩放指令非法	指令了比例缩放中不允许的 G 代码
301	禁止重新设定回参考点	无挡块回参考点时执行了手动回参考点操作
302	不能用无挡块会参考点方式	轴运动方向错误，无挡块回参考点不能完成
304	未建立零点即指令 G28	在未建立零点时执行了 G28 指令
305	中间点未指令	在未指令 G28、G30 时指令了 G29
306	倒角/倒圆指令轴不符	倒角/倒圆程序段的运动轴和 I、J、K 不符
307	不能用机械挡块设定参考点	对无挡块回参考点的轴进行了机械碰撞回参考点操作
310	文件未找到	找不到子程序、宏程序调用的文件
311	格式错误	基于文件名的子程序/宏程序调用的格式非法
312	图纸尺寸直接输入指令非法	蓝图编程时使用了非法指令
313	零件指令非法	在可变螺距螺纹加工指令中的 K 值不正确
314	非法设定多面体轴	多边形加工指令不正确
315	螺纹切削循环刀尖角度指令错误	螺纹切削循环 G76 刀尖角度指令错误
316	螺纹切削循环的切削量错误	螺纹切削循环 G76 的切削量错误
317	螺纹切削循环螺纹指令错误	螺纹切削循环 G76 的牙高或切削量错误
318	钻孔循环的空刀量不对	G74、G75 指令的 Δd 不正确
319	钻孔循环的终点指令错误	G74、G75 指令的 Δi、Δk 和 U、W 不匹配
320	钻孔循环的移动量/切削量错误	G74、G75 指令的 Δi、Δk 不正确
321	重复循环次数错误	G73 指令的重复次数错误
322	精车形状超过起始点	G71、G72 循环参数不正确
323	形状程序的第 1 段为 2 型指令	G71、G72 的形状程序段指令不正确
324	在复合循环中指令了中断型宏程序	在复合循环 G70 ~ G73 中指令了中断型宏程序

（续）

报警号	报警显示	内容
325	不能用于形状程序的指令	在复合循环 G70～G73 中指令了不允许的指令
326	形状程序段的最后段是直接图纸尺寸编程	复合循环 G70～G73 的形状程序段为蓝图编程程序段
327	复合循环不能模态	在不允许的模态指令下说用了复合循环指令
328	刀尖半径补偿工作位置不对	G71、G72 的 G41、G42 指令使用不当
329	精车形状不是单调变化	循环 G71/G72 的轮廓错误
330	车削固定循环中角度指令错误	G90、G92、G94 固定循环中指定了平面以外的运动轴
334	输入值超出有效范围	误操作防止功能有效时，偏置数据输入错误
336	刀具补偿指令多于 2 轴	刀具补偿指令编程错误
337	超过最大增量值	误操作防止功能有效时，偏置数据输入错误
338	执行顺序检查异常	误操作防止功能有效时，发现程序检查代码出错
345	换刀的 *Z* 轴位置错误	换刀的 *Z* 轴位置错误
346	换刀的刀具号错误	换刀的刀具号错误
347	换刀指令错误	换刀指令编程出错
348	换刀的 *Z* 轴位置未建立	换刀的 *Z* 轴位置未建立
349	换刀时主轴未停止	换刀时主轴未停止
350	同时控制轴号参数设定错误	参数 PRM8180 设定错误
351	由于轴在移动，不能开始/解除控制	在同步轴运动时，输入了同步开始/解除命令
352	同步控制构成错误	所指定的轴不能用于同步控制
353	指令了不能移动的轴	参数 PRM8163.7 设定为“1”的轴不能使用移动指令
354	在同步控制方式参考点未确定时指令 G28	同步控制时参考点未建立，不能使用 G28 指令
355	混合控制轴号参数设定错误	参数 PRM8183 设定错误
356	由于轴在移动，混合控制不能使用	在混合控制轴运动时，输入了混合控制开始/解除命令
357	混合控制轴构成错误	所指定的轴不能用于混合控制
359	在混合控制方式参考点未确定时指令 G28	混合控制时参考点未建立，不能使用 G28 指令
361	由于轴在移动，重叠控制不能使用	在重叠控制轴运动时，输入了重叠控制开始/解除命令
362	重叠控制轴构成错误	所指定的轴不能用于重叠控制
363	对重叠控制的从属轴指令了 G28	从属轴不能使用 G28 指令
364	对重叠控制的从属轴指令了 G28	主动轴在运动中，从属轴不能使用 G53 指令
365	各轨迹的伺服轴/主轴数太多	通道控制轴配置错误
369	G31 格式错误	转矩限制时的 G31 编程错误
370	G31P/G04Q 不正确	G31 指令编程错误
372	未完成回参考点	倾斜轴控制时回参考点操作出错
373	高速跳跃信号选择不正确	G31、G04 指令编程错误
375	无法进行倾斜轴控制	倾斜轴参数设定错误
376	原点光栅：参数不正确	外置编码器参数或绝对编码器参数设定错误

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
412	使用非法 G 代码	使用了不允许的 G 代码
445	轴进给命令不正确	在旋转控制方式下指定了定位指令
446	不是单程序段	G96.1 ~ G96.4 指令编程出错
447	设定数据有误	伺服电机用于主轴控制时,主轴控制参数设定不正确
601	对伺服电机主轴发出了进给指令	伺服电机用于主轴控制时,指令了进给运动
1001	轴控制方式非法	轴控制方式设定错误
1013	程序号位置错误	地址 O、N 编程错误
1014	程序号格式错误	地址 O、N 后没有编号
1016	没有 EOB	MDI 执行的程序段结束处未输入 EOB
1077	程序在使用	执行中的程序不能进行后台编辑
1079	未找到程序文件	所指定的程序在外部设备上不存在
1080	外设子程序调用重复	在外设子程序中再次使用了外设子程序调用指令
1081	外设子程序调用方式错误	外设子程序调用指令不能使用
1091	子程序调用字重复	同一程序段使用了 2 次以上子程序调用指令
1092	宏程序调用重复	同一程序段使用了 2 次以上宏程序调用指令
1093	NC 字/M99 重复	M99 程序段使用了不允许的地址
1095	2 型变量太多	宏程序变量定义指令中使用的 I、J、K 组数超过 10 组
1096	非法变量名称	使用了不允许的变量名称
1097	变量名太长	指令的变量名称超过字符数
1098	没有变量名称	变量名称尚未登录
1099	[ ]中的后缀非法	变量的后缀使用错误
1100	取消错误(无模态调用)	不在 G66 调用方式,使用了 G67 编程
1101	非法 CNC 语句分割	宏程序中断指令编程错误
1115	读取被保护的变量	宏程序变量使用错误
1120	非法变量格式	变量编程格式错误
1124	没有 DO 语句	END、DO 指令编程错误
1125	宏程序表达式格式非法	宏程序表达式编程错误
1128	顺序号超限	GOTO 指令目标编程错误
1131	没有开括号	括号“[ ]”没有成对使用
1132	没有闭括号	括号“[ ]”没有成对使用
1133	没有“ = ”	“ = ”使用不正确
1134	没有“,”	“,”使用不正确
1137	如果文件格式错误	IF 指令编程不正确
1138	WHILE 语句格式错误	WHILE 指令编程错误
1139	SETVN 语句格式错误	SETVN 指令编程错误
1141	变量名中非法字符	SETVN 指令中的变量名使用了不允许的字符

（续）

报警号	报警显示	内容
1142	变量名太长（SETVN）	SETVN 指令中的变量名超过 8 个字符
1143	BPRNT/DPRINT 语句格式错误	BPRNT/DPRINT 指令编程错误
1160	指令数据溢出	CNC 内部数据溢出
1180	所有平行轴处于驻留状态	平行控制轴处于驻留状态
1196	钻孔轴的选择非法	固定循环指令编程错误
1200	脉冲编码器非法回零	参考点减速区域没有检测到零脉冲信号，或回参考点时的位置跟随误差过小
1202	G93 中未指令 F	G93 指令的 F 代码必须单独编程
1223	主轴细则错误	主轴参数设定错误
1298	公/英制转换非法	使用了不允许的公/英制转换指令
1300	非法地址	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1301	地址丢失	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1302	非法数据号	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1303	非法轴号	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1304	位数太多	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1305	数据超限	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1306	轴号丢失	外部输入数据格式错误
1307	负号使用非法	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1308	数据丢失	外部输入、螺距误差补偿数据输入或 G10 指令输入的数据格式错误
1329	非法机械组号	外部输入或 G10 指令输入的通道控制 CNC 参数错误
1330	非法主轴号	外部输入或 G10 指令输入的通道控制 CNC 参数错误
1331	轨迹号不对	外部输入或 G10 指令输入的通道控制 CNC 参数错误
1333	数据写入错误	外部数据输入不允许
1470	G40.1～G42.1 参数丢失	法线控制的 CNC 参数设定错误
1508	M 代码重复（分度台反向）	分度 M 代码设定错误
1509	M 代码重复（主轴位置定向）	主轴定向准停 M 代码设定错误
1510	M 代码重复（主轴定位）	主轴位 M 代码设定错误
1511	M 代码重复（主轴定位方式解除）	解除主轴定位的 M 代码设定错误
1533	地址 F 未溢出（G95）	每转进给时，计算得到的进给速度过低
1534	地址 F 溢出（G95）	每转进给时，计算得到的进给速度过高
1537	地址 F 未溢出（倍率）	F 倍率过低

（续）

报警号	报 警 显 示	内 容
1538	地址 F 溢出(倍率)	F 倍率过高
1541	S 指令为 0	S 指令为 0
1543	齿轮比设定错误	主轴定位的齿轮比设定不正确或编码器脉冲数设定错误
1544	S 指令过大	S 指令超过主轴最高转速设定
1548	控制轴方式不对	在旋转控制时指令了定位或 Cs 轴控制
1561	非法分度角	分度角度不为分度单位的整数倍
1564	分度台轴与其他轴同时指令	分度轴和其他轴在同一程序段编程
1567	分度轴指令重复	对运动中的轴重复指令了分度指令
1590	TH 错误	外部输入数据 TH 校验错误
1591	TV 错误	外部输入数据 TV 校验错误
1592	记录结束	外部数据输入时,程序段的中间使用了 EOB 指令或程序重新启动时找不到指定的程序段
1593	EGB 参数设定错误	EGB 控制轴参数设定错误
1594	EGB 格式错误	EGB 控制轴编程错误
1595	EGB 方式指令错误	EGB 控制轴使用了不允许的指令
1596	EGB 溢出	EGB 控制轴同步系数计算溢出
1805	输入/输出 I/F 指令非法	输入/输出设备的指定非法,或 G30 回参考点的 P 地址错误,或每转暂停指令中的主轴转速为 0
1806	设备形式不符	指令不能用于指定的输入/输出设备
1807	输入/输出参数设定错误	指定了无效的输入/输出接口或通信参数设定错误
1808	有 2 个设备打开	对数据输入/输出中的设备,执行了打开操作
1820	信号状态不正确	对运动中的坐标轴进行了工件坐标系预置
1823	数据格式错误(1)	未检测到接口 1 输入数据的停止位
1830	DR 信号关闭(2)	未检测到接口 2 的 DR 信号
1832	通信错误(2)	接口 2 的数据输入/输出出错
1833	数据格式错误(2)	未检测到接口 2 输入数据的停止位
1834	缓冲器溢出(2)	接口 2 的数据缓冲器溢出
1960	存取错误(存储卡)	对存储卡进行了非法存取
1961	未就绪(存储卡)	存储卡未准备好
1962	卡已满(存储卡)	存储卡空间不足
1963	卡被保护(存储卡)	存储卡的写入被禁止
1964	卡未安装(存储卡)	存储卡安装不良或规格错误
1965	目录已满(存储卡)	存储卡目录已满
1966	文件未找到(存储卡)	存储卡没有需要的文件
1967	文件被保护(存储卡)	存储卡上的文件被保护,禁止写入
1968	非法文件名(存储卡)	存储卡的文件名非法
1969	格式化不对(存储卡)	存储卡格式化不正确
1970	卡型不对(存储卡)	存储卡不能使用

（续）

报警号	报警显示	内容
1971	擦除错误（存储卡）	存储卡擦除时发生错误
1972	电池电压低（存储卡）	存储卡的电池不足
1973	文件已经存在（存储卡）	存储卡已经有同名文件
2032	嵌入以太网/数据服务器错误	内置以太网、数据服务器错误
2051	#200-#499 P 代码公共宏变量输入错误	输入了系统不存在的宏程序公共变量#200-#499
2052	#500-#549 P 代码公共宏变量选择错误（不能用 SETVN）	不能对宏程序公共变量#500-#549 定义变量名
2053	P-CODE 变量号码在范围外	输入了系统不存在的 P-CODE 专用变量
2054	扩展 P-CODE 变量号码在范围外	输入了系统不存在的扩展 P-CODE 专用变量
4010	输出缓冲器实数值非法	输出缓冲器实数值指定错误
5006	一段中的字数太多	1 个程序段中的字符数量超过允许范围
5007	距离太长	由于半径补偿、交点计算等，使坐标值超过了允许范围
5009	进给速度为 0（空运行速度）	CNC 参数 PRM1410 或 PRM1430 的设定值为 0
5010	记录结束	程序段的中间存在 EOB 字符
5011	进给速度为 0（最大切削速度）	CNC 参数 PRM1430 的设定值为 0
5014	未找到跟踪数据	没有轨迹数据
5016	M 代码组合非法	一个程序段中指令了属于同一组的 M 代码
5018	多边形切削主轴速度错误	G51.2 方式中，主轴转速或多边形同步轴的速度超出了允许范围
5020	程序再启动参数错误	程序再起动的参数设定错误
5046	非法参数（平直度补偿）	直线轴螺距补偿的参数错误
5064	平面上指令轴的设定单位不同	圆弧插补时同一平面内的轴含有不同位置测量单位
5065	指令轴设定单位不同	不同位置测量单位的轴被指定在 PMC 轴的同一 DI/DO 组，参数 PRM8010 设定错误
5073	没有小数点	应该指令小数点的地址上没有输入小数点
5074	地址重复	在同一个程序段内，指令了两次以上的相同地址或同一组的 G 代码
5110	不合适的 G 代码	AI 控制方式中指定了一个非法 G 代码或分度指令
5131	NC 指令不兼容	同时指定了 PMC 轴控制和极坐标插补
5195	未找到方向	刀具测量值输入功能 B 中，单触点传感器的脉冲方向不固定
5220	参考点调整方式	自动设定的参考点参数被设定
5257	MDI 方式不允许 G41/G42	MDI 方式指令了 G41/G42
5303	触摸板错误	触摸屏面板发生错误
5305	主轴选择 P 指令错	多主轴控制时的地址 P 指定错误
5306	方式转换错误	在宏程序调用中，方式转换不正确
5329	M98 和 NC 指令在同一段	固定循环中指定了子程序调用

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
5339	程序进行的同步/混合/重叠控制中命令格式错误	G51.4/G50.4/G51.5/G50.5/G51.6/G50.6 指令中的 P、Q、L 值不正确
5346	请进行参考点回归	Cs 轴坐标系尚未建立，需要进行回参考点操作
5362	请在原点处进行英寸/公制的切换	公英制转换没有在参考点上进行
5391	G92 不能指令	G92 指令编程错误
5395	Cs 轴数过多	Cs 轴数超过了系统允许的最大轴数
5445	G39 中不能指令移动命令	G39 指令格式错误
5446	G41/G42 中无避免干涉让刀	刀补干涉检测功能中，不存在干涉回避矢量而不能执行
5447	G41/G42 干涉让刀危险	刀补干涉检测功能中，发现回避操作将导致危险
5448	G41/G42 让刀发生干涉	刀补干涉检测功能中，执行回避矢量将发生另一个干涉

2. 误操作防止/超程/过热报警一览表（IE/OT/OH 报警）

表 A-2　误操作防止/超程/过热报警一览表（IE/OT/OH 报警）

报警号	报 警 显 示	内　　容
IE001	正向超程（软限位 1）	轴误操作防止功能，正向存储行程检查 Ⅰ（软件限位）报警
IE002	正向超程（软限位 1）	轴误操作防止功能，负向存储行程检查 Ⅰ（软件限位）报警
IE003	正向超程（软限位 2）	轴误操作防止功能，正向存储行程检查 Ⅱ 报警
IE004	正向超程（软限位 2）	轴误操作防止功能，负向存储行程检查 Ⅱ 报警
IE005	正向超程（软限位 3）	轴误操作防止功能，正向存储行程检查 Ⅲ 报警
IE006	正向超程（软限位 3）	轴误操作防止功能，负向存储行程检查 Ⅲ 报警
IE007	超过最大旋转数值	轴误操作防止功能，最高转速超过
IE008	非法加速/减速	轴误操作防止功能，加减速不正确
IE009	非法机械坐标位置	轴误操作防止功能，机械坐标位置偏移
OT500	正向超程（软限位 1）	正向存储行程检查 Ⅰ（软件限位）报警
OT501	正向超程（软限位 1）	负向存储行程检查 Ⅰ（软件限位）报警
OT502	正向超程（软限位 2）	正向存储行程检查 Ⅱ 报警
OT503	正向超程（软限位 2）	负向存储行程检查 Ⅱ 报警
OT504	正向超程（软限位 3）	正向存储行程检查 Ⅲ 报警
OT505	正向超程（软限位 3）	负向存储行程检查 Ⅲ 报警
OT506	正向超程（硬限位）	正向硬件限位 OT 报警
OT507	正向超程（硬限位）	负向硬件限位 OT 报警
OT508	＋干涉	正向刀具干涉
OT509	－干涉	负向刀具干涉
OT510	正向超程（预检查）	程序段终点在 n 轴正向行程禁止范围
OT511	正向超程（预检查）	程序段终点在 n 轴负向行程禁止范围
OH700	控制器过热	CNC 过热
OH701	风扇电机停转	CNC 风扇电机过热
OH704	过热	主轴过热

3. 参数设定/数据输入输出/其他报警一览表（PW/IO/DS 报警）

表 A-3 参数设定/数据输入输出/其他报警一览表（PW/IO/DS 报警）

报警号	报警显示	内　容
PW0000	必须关断电源	设定了需要关闭电源生效的 CNC 参数
PW0001	未定义 X 地址	参考点减速 * DEC 信号地址设定参数 PRM3013 错误
PW0002	PMC 地址不对(轴)	轴信号地址设定参数 PRM3021 错误
PW0003	PMC 地址不对(主轴)	主轴信号地址设定参数 PRM3022 错误
PW0006	须关闭电源(防止误操作功能)	设定了需要关闭电源生效的防止误操作 CNC 参数
PW0007	无法定义 X 地址(跳跃)	跳步切削信号地址设定参数 PRM3012、PRM3019 错误
PW1102	参数非法(I 补偿)	倾斜轴补偿参数设定错误
PW1111	主轴号码不正确(伺服电机主轴)	伺服主轴设定参数 PRM11010、PRM3717 设定错误
PW5046	非法参数(平直度补偿)	平直度补偿参数设定错误
IO1001	文件存取错误	CNC 文件异常,不能进行存取操作
IO1002	文件系统错误	CNC 文件异常,不能进行存取操作
IO1030	程序检查代码和错误	存储器“和校验”出错
IO1104	刀具寿命管理超过最大组数	参数 PRM6813 设定错误
DS0001	同步误差过大(位置偏差)	主-从同步控制的从动轴转矩超过了 CNC 参数 PRM8323 设定
DS0003	进给同步控制调整方式	进给轴同步控制处于调整方式
DS0004	超过最高速度	误操作防止功能检测到超过最高速度的指令
DS0005	超过最大加速度	误操作防止功能检测到超过最大加速度的指令
DS0006	执行顺序不对	误操作防止功能检测到非法的执行顺序
DS0007	执行顺序不对	误操作防止功能检测到非法的执行顺序
DS0008	执行顺序不对	误操作防止功能检测到非法的执行顺序
DS0009	执行顺序不对	误操作防止功能检测到非法的执行顺序
DS0010	非法参考区域	误操作防止功能检测到非法的参考区域
DS0011	非法参考区域	误操作防止功能检测到非法的参考区域
DS0012	非法参考区域	误操作防止功能检测到非法的参考区域
DS0013	非法参考区域	误操作防止功能检测到非法的参考区域
DS0014	刀具更换检查出机床锁住	机床锁住,换刀时 *Z* 轴无法运动
DS0015	刀具更换检查出镜像	镜像有效,换刀时 *Z* 轴无法运动
DS0016	串行 DCL:位置跟踪错误	绝对位置编码光栅参数 PRM1883、1884 设定错误
DS0017	串行 DCL:参考点建立错误	回参考点减速速度 FL 超过参数 PRM14010 设定
DS0018	带原点的光栅尺:进给轴同步误设定	主-从同步控制的同步选择信号设定错误
DS0020	未完成回参考点	倾斜轴控制未执行手动回参考点操作
DS0021	启动错误(一个接触式宏)	* SP 信号 OFF 或 CNC 报警、SRN 信号 ON,无法执行宏程序
DS0023	非法参数(I-COMP 值)	倾斜度补偿参数设定错误
DS0024	UINT 信号非法输入	试运行速度运动,无法启动宏程序中断

（续）

报警号	报警显示	内　　容
DS0025	不能执行 G60	方向不正确，单向定位无法进行
DS0026	角度轴不匹配（D. C. S）	倾斜轴的光栅配置不正确
DS0027	同步轴不匹配（D. C. S）	主-从轴的光栅配置不正确
DS0059	指定程序号未找到	外部数据输入、外部工件号检索找不到对应程序
DS0131	外部信息量太大	操作者信息显示过多
DS0132	信息号未找到	没有对应的外部操作信息时，没有对应的信息号
DS0133	信息号太大	操作信息的编号超出了允许范围
DS0300	APC 报警：须回参考点	需要通过回参考点操作设定绝对编码器零点
DS0306	APC 报警：电池电压 0	绝对编码器电池电压为 0
DS0307	APC 报警：电池电压低 1	绝对编码器电池电压低，需要更换
DS0308	APC 报警：电池电压低 2	绝对编码器电池电压低，需要更换
DS0309	APC 报警：不能返回参考点	未执行回参考点操作，不能进行绝对零点设定操作
DS0405	未回到参考点上	轴定位完成后不在参考点上
DS1120	未指定地址（高位）	指定了外部数据输入/输出接口地址 EIA4 ~ EIA7 上未定义的地址
DS1121	未指定地址（低位）	指定了外部数据输入/输出接口地址 EIA0 ~ EIA3 上未定义的地址
DS1124	输出请求错误	外部数据输出时输出请求信号发送错误
DS1128	外部数据超限（低位）	外部数据输入信号 ED0 ~ ED31 超过了允许范围
DS1130	查找顺序不对	操作方式不正确或 CNC 未复位，程序号、顺序号检索不能进行
DS1131	外部数据错误（其他）	G10 指令编程错误
DS1150	A-D 变换报警	A-D 转换器不良
DS1184	转矩控制参数错误	转矩控制参数设定不正确
DS1448	参数非法（D. C. S）	绝对位置编码光栅参数设定错误
DS1449	参数设置参考点间隔不一致	绝对位置编码光栅参数 PRM1821、PRM1822 设定错误
DS1450	回零未结束	电源接通后未进行回参考点操作
DS1451	PMC 轴控制指令错误	当前状态不能进行 PMC 轴控制
DS1512	超速	极坐标插补的直线轴速度过大
DS1933	须回参考点（同步、混合、重叠）	同步、混合、重叠控制时，需要进行回参考点操作
DS2003	伺服主轴参数设定错误（PMC 轴控制）	伺服控制的主轴被设定为 PMC 控制轴
DS2005	速度增益自动调整中	速度增益自动调整中，无法执行自动运行
DS5340	参数总数检查错误	参数“和校验”出错

4. 伺服报警一览表（SV 报警）

表 A-4　伺服报警一览表（SV 报警）

报警号	报 警 显 示	内　　容
001	同步校准错误	同步控制时的补偿量超过参数 PRM8325 的设定
002	同步误差过大报警 2	同步控制时,同步误差超过参数 PRM8332 的设定
003	同步/混合/重叠控制方式不能连续	由于伺服报警,使得同步/混合/重叠控制不能继续
004	G31 误差过大	G31 执行时的跟随误差超过了参数 PRM6287 的设定
005	同步误差过大(机械坐标)	同步控制时,主/从轴的误差超过了参数 PRM8314 的设定
006	双电机驱动不正确	在串联控制的从属轴中进行了绝对位置检测的设定
007	其他系统中伺服告警(多轴放大器)	2 通道控制系统中,使用同一驱动模块的其他通道驱动器发生报警
301	APC 报警:通信错误	绝对编码器通信出错
302	APC 报警:超时错误	绝对编码器数据传送超时
303	APC 报警:数据格式错误	绝对编码器数据帧格式错误
304	APC 报警:奇偶性错误	绝对编码器数据奇偶校验错误
305	APC 报警:脉冲错误	绝对编码器位置脉冲错误
306	APC 报警:溢出报警	绝对编码器数据溢出
307	APC 报警:轴移动超差	机床运动量过大,绝对位置检测出错
360	脉冲编码器代码检查和错误(内嵌)	内置脉冲编码器发生和校验错误
361	脉冲编码器相位异常(内装)	内置脉冲编码器发生相位数据错误
362	REV. 数据异常（INT）	内置脉冲编码器回转数计数错误
363	时钟异常(内装)	内置脉冲编码器发生时钟错误
364	软相位报警(内装)	数字伺服软件检测到内置脉冲编码器的无效数据
365	LED 异常(内装)	内置脉冲编码器 LED 发生错误
366	脉冲丢失(内装)	内置脉冲编码器发生脉冲丢失错误
367	计数值丢失(内装)	内置脉冲编码器发生计数错误
368	串行数据错误(内装)	内置脉冲编码器发出的数据无法接收
369	数据传送错误(内装)	从内置脉冲编码器数据发生 CRC 或停止位错误
380	LED 异常(外置)	分离型检测器的 LED 错误
381	编码器相位异常(外置)	分离型光栅发生相位数据错误
382	计数值丢失(外置)	分离型检测器发生计数错误
383	脉冲丢失(外置)	分离型检测器发生脉冲丢失错误
384	软相位报警(外置)	数字伺服软件检测到分离型检测器的无效数据
385	串行数据错误(外置)	分离型检测器发出的数据无法接收
386	数据传送错误(外置)	从分离型检测器接收的数据发生 CRC 或停止位错误
387	编码器异常(外置)	分离型检测器发生错误
401	伺服 V-就绪信号关闭	伺服驱动器的准备好信号 DRDY 为 OFF
403	硬件/软件不匹配	轴控制卡与伺服软件的不匹配

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
404	伺服 V-就绪信号通	CNC 的 MCON 为 0 时驱动器的准备好信号 DRDY 已经为 1
407	误差过大	同步控制中同步轴之间的位置偏差量超过了允许范围
409	检测的转矩异常	伺服电机、Cs 轴出现了异常负载
410	停止时误差太大	轴停止时的位置跟随误差或同步补偿量超过允许范围
411	运动时误差太大	移动中的位置跟随误差超过了允许范围
413	轴 LSI 溢出	位置跟随误差超过了 $\pm 2^{31}$
415	移动量过大	轴指令了大于允许范围的速度
417	伺服非法 DGTL 参数	伺服参数设定错误
420	同步转矩太大	同步控制中扭矩指令差超过了允许范围
421	超差(半闭环)	双重反馈时半闭环误差与全闭环误差相差过大
422	转矩控制超速	PMC 轴转矩控制方式的速度超出了允许范围
423	转矩控制误差太大	PMC 轴转矩控制方式超过了允许的误差
430	伺服电动机过热	伺服电动机过热
431	变频器回路过载	驱动器电源模块或伺服模块过热
432	变频器控制电压低	电源模块控制电压过低
433	变频器 DCLINK 电压低	电源模块直流母线电压过低
434	逆变器控制电压低	伺服模块控制电压过低
435	逆变器 DCLINK 电压低	伺服模块直流母线电压过低
436	软过热继电器(OVC)	驱动器发生过电流
437	变频器输入回路过电流	电源模块输入过电流
438	逆变器电流异常	伺服模块过电流
439	变频器 DCLINK 过电压	电源模块直流母线电压过高
440	变频器减速功率太大	再生放电能量过大
441	异常电流偏移	驱动器电流偏移过大
442	变频器 DCLINK 充电异常	电源模块备用放电回路异常
443	变频器冷却风机故障	电源模块风扇不转
444	逆变器冷却风机故障	伺服模块风扇不转
445	软断线报警	软件检测脉冲编码器断线报警
446	硬断线报警	硬件检测到内置脉冲编码器断线
447	硬断线(外置)	硬件检测到分离型编码器断线
448	反馈不一致报警	内置脉冲编码器与分离型编码器的反馈方向不符
449	逆变器 IPM 报警	逆变主回路 IPM 模块报警
453	串行编码器软断线报警	α 脉冲编码器软件断线报警
454	非法的转子位置检测	转子位置检测信号异常
456	非法的电流回路	电流控制参数设定不正确
458	电流回路错误	电流控制周期设定与实际不一致

（续）

报警号	报警显示	内容
459	高速 HRV 设定错误	双轴驱动器不能同时使用高速 HRV 控制
460	FSSB 断线	FSSB 网络通信中断
462	CNC 数据传送错误	通信错误,FSSB 从站不能接收正确数据
463	送从属器数据失败	通信错误,FSSB 主站不能发送正确数据
465	读 ID 数据失败	驱动器初始 ID 信息不能被读取
466	电机/放大器组合不对	驱动器与电机不匹配
468	高速 HRV 设定错误(AMP)	不支持高速 HRV 的驱动器指定了高速 HRV 功能
600	逆变器 DCLINK 过流	伺服模块直流母线过电流
601	逆变器散热风扇故障	外部散热风扇不转
602	逆变器过热	伺服模块过热
603	逆变器 IPM 报警(过热)	伺服模块逆变主回路 IPM 模块过热
604	放大器通信错误	电源模块与伺服模块通信故障
605	变频器再生放电功率太大	电源模块再生能量过大
606	变频器散热风扇停转	电源模块散热风扇不转
607	变频器主电源缺相	电源模块输入电源缺相
646	模拟信号异常(外置)	外置编码器的正弦波输入不正确
1025	V-READY 通异常(初始化)	伺服通电时 VRDY 信号已经 ON
1026	轴的分配非法	伺服轴号设定错误
1055	双电机驱动不正确	参数 PRM1023 设定错误
1056	双电机驱动轴对设定不正确	参数 PRM1817.6 设定错误
1067	FSSB:配置错误(软件)	FSSB 配置参数错误
1100	平直度补偿值溢出	平直度补偿值超过允许范围
5134	FSSB:开机超时	FSSB 初始化错误
5136	FSSB:放大器数不足	轴数设定和驱动器连接不一致
5137	FSSB:配置错误	实际放大器和 FSSB 设定不一致
5139	FSSB:错误	FSSB 总线通信出错,初始化不能正常结束
5197	FSSB:开机超时	FSSB 通信故障

5. 主轴报警一览表（SP 报警）

表 A-5 主轴报警一览表（SP 报警）

报警号	报警显示	内容
740	刚性攻螺纹报警:超差	刚性攻螺纹主轴停止时的位置跟随误差过大
741	刚性攻螺纹报警:超差	刚性攻螺纹主轴运行时的位置跟随误差过大
742	刚性攻螺纹报警:LSI 溢出	刚性攻螺纹主轴的 LSI 溢出。
752	主轴方式切换错误	主轴位置控制中,不能进行切换控制方式
754	异常负载检出	主轴负载异常

（续）

报警号	报 警 显 示	内　　容
1202	主轴选择错误	多主轴控制时的主轴选择错误
1220	无放大器主轴	主轴串行通信未建立
1221	主轴电机号非法	主轴号和电机号不一致
1224	主轴-位置编码器间齿轮比错误	编码器齿轮比参数设定错误
1225	CRC 错误(串行主轴)	串行通信 CRC 校验出错
1226	格式错误(串行主轴)	串行通信数据格式错误
1227	接收错误(串行主轴)	串行通信数据接收错误
1228	通信错误(串行主轴)	串行通信错误
1229	串行主轴放大器通信错误	串行主轴驱动器间的通信出错
1231	主轴超差(运动时)	主轴运动时的位置跟随误差超过允许值
1232	主轴超差(停止时)	主轴停止时的位置跟随误差超过允许值
1233	位置编码器溢出	位置误差计数器溢出
1234	栅格偏移量溢出	栅格偏移量溢出
1240	位置编码器断线	模拟主轴的位置编码器连接不良
1241	D-A 变换器异常	模拟主轴的 D-A 转换器故障
1243	主轴参数设定错误(增益)	主轴位置增益参数设定错误
1244	移动量过大	主轴的移动量过大
1245	通信数据错误	CNC 检测到串行通信故障
1246	通信数据错误	CNC 检测到串行通信故障
1247	通信数据错误	CNC 检测到串行通信故障
1969	主轴控制错误	主轴控制软件出错
1970	主轴控制错误	主轴初始化出错
1971	主轴控制错误	主轴控制软件出错
1972	主轴控制错误	主轴控制软件出错
1974	模拟主轴控制错误	主轴控制软件出错
1975	模拟主轴控制错误	模拟主轴位置编码器异常
1976	串行主轴通信错误	主轴驱动器号设定错误
1977	串行主轴通信错误	主轴控制软件错误
1978	串行主轴通信错误	主轴通信超时
1979	串行主轴通信错误	主轴通信时序错误
1980	串行主轴放大器错误	主轴驱动器不良
1981	串行主轴放大器错误	主轴驱动器数据写入出错
1982	串行主轴放大器错误	主轴驱动器数据读出出错
1983	串行主轴放大器错误	主轴驱动器故障无法清除
1984	串行主轴放大器错误	主轴驱动器无法初始化
1985	串行主轴控制错误	主轴驱动器参数无法自动设定

（续）

报警号	报 警 显 示	内 容
1986	串行主轴控制错误	主轴驱动软件出错
1987	串行主轴控制错误	CNC 接口不良
1988	主轴控制错误	主轴驱动软件出错
1989	主轴控制错误	主轴驱动软件出错
1996	主轴参数设定错误	主轴参数 PRM3701 或 PRM3716、PRM3717 设定错误
1998	主轴控制错误	主轴驱动软件出错
1999	主轴控制错误	主轴驱动软件出错
9001 ~ 9136	SSPA：01 ~ SSPA：d6	来自主轴驱动器的报警，报警含义与驱动器显示 01 ~ d6 相同，有关内容可参见配套出版的《FANUC 调试与维修》一书

FANUC-0iD编程与操作



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导： 工业技术／数控
ISBN 978-7-111-41794-1
策划编辑◎徐明煜/ 封面设计◎赵颖喆

ISBN 978-7-111-41794-1



定价：68.00元